

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

4 PCT/JP00/04503

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

06.07.00	
REC'D 25 AUG 2000	
WIPO	PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

JP00/4503

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 7月 8日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第195139号

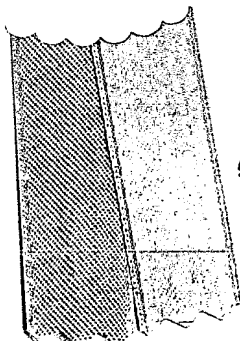
出 願 人

Applicant(s):

オムロン株式会社

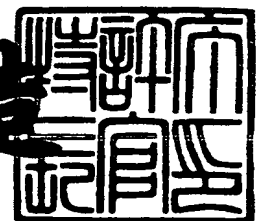
**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 8月11日



特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3062534

【書類名】 特許願
 【整理番号】 58706
 【提出日】 平成11年 7月 8日
 【あて先】 特許庁長官殿
 【国際特許分類】 G01N 27/02
 【発明者】

【住所又は居所】 東京都府中市晴見町 3 - 1 1 - 3 0

【氏名】 澁澤 栄

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市右京区山ノ内山ノ下町 2 4 番地 株式会社
 オムロンライフサイエンス研究所内

【氏名】 平子 進一

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市右京区花園土堂町 1 0 番地 オムロン株式
 会社内

【氏名】 久野 敦司

【特許出願人】

【識別番号】 000002945

【氏名又は名称】 オムロン株式会社

【代表者】 立石 義雄

【代理人】

【識別番号】 100092598

【弁理士】

【氏名又は名称】 松井 伸一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019068

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9800459

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 土壌測定装置、土壌測定支援装置及び方法並びに土壌測定用プログラムを記録した記録媒体及び土壌測定支援用データを記録した記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 土壌の特性を測定する土壌測定装置を用いた測定方法であって、

少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて、土壌センサから計測データを取得し、

次いで前記土壌タイプと水分量に関する情報に基づいて決定されるモデルに前記取得した計測データを入力し、土壌特性を求めることを特徴とする土壌測定方法。

【請求項 2】 測定対象の土壌から所定の計測データを取得する検知手段と

前記検知手段で取得した前記計測データに基づいて所定の土壌特性を求める計測情報処理手段とを備えた土壌測定装置において、

前記計測データ並びに前記計測情報処理手段で処理するためのモデルは、測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて決定されることを特徴とする土壌測定装置。

【請求項 3】 使用する計測データ等の計測条件と前記モデルを決定するとともに、前記検知手段並びに前記計測情報処理手段に設定する土壌測定支援機能を備えたことを特徴とする請求項 2 に記載の土壌測定装置。

【請求項 4】 前記計測情報処理手段から出力される土壌特性と、位置情報に基づいて土壌マップを作成する作成手段を備えたことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の土壌測定装置。

【請求項 5】 少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて決定されるモデルを設定する処理、

土壌センサからの計測データを受け取るとともに、その受け取った計測データから前記設定されたモデルに基づいて所定の土壌特性を求める処理をコンピュー

タに実行させる命令を含む土壌測定プログラムを格納したコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【請求項 6】 土壌の特性を測定する土壌測定装置に対する支援装置における支援方法であって、

少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段を用意し、

少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得し、

次いで、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件とモデルを読み出し、

前記読み出した計測条件とモデルを出力することを特徴とする土壌測定支援方法。

【請求項 7】 土壌の特性を測定する土壌測定装置に対する支援装置であって、

少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段と、

少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得するとともに、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件とモデルを決定する決定手段と、

その決定手段で決定した前記読み出した計測条件とモデルを出力する手段とを備えたことを特徴とする土壌測定支援装置。

【請求項 8】 測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記土壌タイプを求めるとともに、前記決定手段に与える土壌タイプ検出手段を備えたことを特徴とする請求項 7 に記載の土壌測定支援装置。

【請求項 9】 測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記水分量に関する情報を求めるとともに、前記決定手段に与える水分量情報検出

手段を備えたことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の土壤測定支援装置。

【請求項 10】 前記土壤タイプは、あらかじめ測定し記憶保持したデータベースから求めるようにしたことを特徴とする請求項 7～9 のいずれか 1 項に記載の土壤測定支援装置。

【請求項 11】 少なくとも測定地点の土壤タイプと、その土壤に含まれる水分量に関する情報を取得する処理、

取得した前記土壤タイプと前記水分量に関する情報に基づき、少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を記憶した記憶領域にアクセスし、対応する計測条件とモデルを読み出す処理、

前記読み出した計測条件とモデルを出力する処理をコンピュータに実行させる命令を含む土壤測定支援プログラムを格納したコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【請求項 12】 測定対象の土壤を計測して得られた計測データに基づいて前記土壤タイプを求める処理と、

測定対象の土壤を計測して得られた計測データに基づいて前記水分量に関する情報を求める処理の少なくとも一方の処理を実行するプログラムを含むことを特徴とする請求項 11 に記載のコンピュータが読み取り可能な記録媒体。

【請求項 13】 測定対象の土壤から所定の計測データを取得する検知手段と、前記検知手段で取得した前記計測データに基づいて所定の土壤特性を求める計測情報処理手段とを備えた土壤測定装置本体と、

測定地点の土壤タイプと、その土壤に含まれる水分量に関する情報に基づいて前記計測情報処理手段で処理するためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を決定するとともに、前記土壤測定装置本体に向けて出力する土壤測定支援装置とを有し、

前記土壤測定装置本体と前記土壤測定支援装置とは、所定の通信インターフェースによりデータの送受を行うようにしたことを特徴とする土壤測定装置。

【請求項 14】 少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを

得るための計測条件を関連付けた土壌計測用データをコンピュータが読み取り可能に記録した記録媒体。

【請求項 1 5】 前記土壌計測用データは、計測対象特性名をさらに関連付けたものであることを特徴とする請求項 1 4 に記載の記録媒体。

【請求項 1 6】 前記土壌計測用データは、計測方式をさらに関連付けたものであることを特徴とする請求項 1 4 に記載の記録媒体。

【請求項 1 7】 前記土壌計測用データは、計測対象特性名と計測方式をさらに関連付けたものであることを特徴とする請求項 1 4 に記載の記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、土壌をリアルタイムで測定するための土壌測定装置、土壌測定支援装置及び方法並びに土壌測定用プログラムを記録した記録媒体及び土壌測定支援用データを記録した記録媒体に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

農産物の収量を増加させるためには、土壌中の有機成分や肥料等の不足分を補給し、耕作地全体の土壌の均質化を図る必要がある。一方、係る肥料等は、必要以上に補給すると、かえって農作物のためによくない場合がある。また、必要以上に補給しても農作物に悪影響が出ないものもあるが、余剰分の肥料等は無駄に捨てることになり、収益性の点で好ましくない。さらに、環境保全を考慮した場合にも、できるだけ消費する肥料等は少ないほうが好ましい。

【0 0 0 3】

そこで、近年、環境保全と収益性の確保を前提とし、農業資材、肥料、その他の飼料の投入量を低減することを目的とした精密圃場管理が普及しつつある。係る管理を行うためには、土壌の成分を分析する必要がある、特にリアルタイムに成分分析することが望まれる。

【0 0 0 4】

係るリアルタイムで成分分析をする土壌測定システムとして、従来、特開平 1

1-83627号公報に示す装置があった。その公報に開示された発明は、土壤の光学的特性から土壤の成分を分析するもので、具体的には、図1に示すような構成をとっている。

【0005】

同図に示すように、光源1から出射された白色光を均平板2で表面をならした土壤面3に照射する。土壤面3で散乱反射された白色光（散乱反射光）を集光レンズ4で集光して光積分球5の内部に集光させる。このとき土壤面3の像を光積分球5の受光窓6に結像させて縮小投影するようにしてある。光積分球5内の光は分光装置7に導かれ、その分光装置7にて分光される。分光された光は、光検出器8により受光され、その受光した光強度に応じた電気信号が、データ処理装置9に与えられる。そして、データ処理装置9は、受け取った電気信号（光検出器8の受光信号）に基づいて光スペクトルを求め、反射散乱光の光スペクトルに基づいて土壤成分を判別する。

【0006】

これにより、土壤の形状や土壤面の凹凸等に影響されず、土壤の光学的特性を精度よく測定できるようにするとともに、土壤面との距離を大きくして、測定精度を向上させるようにしている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

土壤の成分、構造、力学的特性、電気的特性、光学特性、化学的特性などの土壤特性をリアルタイムで測定するためには、検出する物理量等としては、測定時間の短いものや測定のために土壤に対して特殊な処理を必要としない限られたものになる。そこで、前記の特開平11-83627における土壤測定システムにおいては、白色光を土壤表面に照射して得られる反射光のスペクトラムを測定している。これは、土壤成分によって、光の吸収スペクトラムが一定であるので、既知のスペクトラムの照明に対する反射光のスペクトラムを測定することで、土壤成分の濃度を測定できるとの原理による。このように反射光のスペクトラムを利用することで、リアルタイムでの土壤成分の分析が可能となり、その点で有用な発明である。

【0 0 0 8】

しかし、さらに実験を繰り返し行ったところ、土壌のタイプや土壌の湿気の度合いによって、土壌の成分構成が同じであっても、反射光のスペクトラムが異なることがわかった。これは、例えば土壌が砂を多く含む場合とそうでない場合のように土壌タイプによって、測定対象の土壌成分の土壌中の分布が変化する。また、湿気の度合いによって測定対象の土壌成分が化学反応や生物の働きにより他の化合物になったり、分解したりして、その土壌成分の存在状態が変化する。係る原因により、測定対象への照明光のあたり方や反射の状況が変化するためである。

そして、従来の土壌測定装置では、土壌のタイプや土壌の湿気の度合いが変化するすると、リアルタイムでの土壌特性の測定が困難であった。

【0 0 0 9】

本発明は、土壌のタイプや土壌の水分量の変化があっても、土壌特性を測定するための測定条件の設定や、検知手段（センサ）から得たデータの処理のためのモデルの設定が簡単・迅速にできるようにして、土壌測定の高精度化・効率化を図ることのできる土壌測定装置、土壌測定支援装置及び方法並びに土壌測定用プログラムを記録した記録媒体及び土壌測定支援用データを記録した記録媒体を提供することにある。

【0 0 1 0】

【課題を解決するための手段】

上記した目的を達成するため、本発明に係る土壌測定方法では、土壌の特性を測定する土壌測定装置を用いた測定方法であって、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて、土壌センサから計測データを取得し、次いで前記土壌タイプと水分量に関する情報（実施の形態では「含水比」に対応）に基づいて決定されるモデルに前記取得した計測データを入力し、土壌特性を求めるようにした（請求項 1）。

【0 0 1 1】

そして、上記した方法を実施するのに適した土壌測定装置としては、測定対象の土壌から所定の計測データを取得する検知手段（実施の形態では、「土壌セン

サ S」に対応)と、前記検知手段で取得した前記計測データに基づいて所定の土壌特性を求める計測情報処理手段とを備え、前記計測データ並びに前記計測情報処理手段で処理するためのモデルは、測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて決定されるように構成することである(請求項2)。

【0012】

また、上記処理を実行させるためのプログラムを格納した本発明に係る記録媒体としては、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて決定されるモデルを設定する処理と、土壌センサからの計測データを受け取るとともに、その受け取った計測データから前記設定されたモデルに基づいて所定の土壌特性を求める処理をコンピュータに実行させる命令を含む土壌測定プログラムを格納したコンピュータが読み取り可能に構成した(請求項5)。

【0013】

例えば、測定対象の土壌に光を照射することにより得られる反射光に基づいて土壌特性を求めることができる。また、そのように光学的性質を利用するものに限られず、物理的・化学的その他各種の計測データに基づいて土壌特性を求めることができる。そこで、検知手段等にて係る計測データを取得し、計測情報処理手段にて設定されたモデルに基づいて情報処理することにより、所望の土壌特性を知ることができる。

【0014】

そして、土壌タイプや水分量が異なると、同一の土壌特性の土壌であってもそこから検出される計測データは異なることがある。逆に、土壌特性が異なっても、土壌タイプや水分量が異なると、得られる計測データが同一となることもある。つまり、計測データと土壌特性は一義的に対応していない。そこで、本発明では、測定対象の土壌タイプと水分量に関する情報に基づいて、その土壌の状態に適したモデルと、そのモデルを実施するのに必要な計測データを設定し、それら計測データをモデルに入力し、土壌特性を求める。これにより、計測情報処理手段では、測定対象の土壌の状態(土壌タイプ・水分量等)に適した情報処理

が行われるので、高精度に土壌特性を求めることができる。

【0015】

そして、好ましくは、使用する計測データ等の計測条件と前記モデルを決定するとともに、前記検知手段並びに前記計測情報処理手段に設定する土壌測定支援機能を備えることである（請求項3）。土壌測定支援機能により、測定対象の土壌の土壌タイプや水分量に記した計測データやモデルが自動設定される。よって、土壌のタイプや土壌の水分量の変化があっても、土壌特性を測定するための測定条件（使用する計測データの種類等）の設定や、モデルの設定が簡単・迅速にでき、土壌測定の効率化が図れる。

【0016】

さらに、前記計測情報処理手段から出力される土壌特性と、位置情報に基づいて土壌マップを作成する作成手段（実施の形態では、「土壌マップ作成部50」に対応）を備えて構成するとよい（請求項4）。

【0017】

このように構成すると、各位置での土壌特性を関連付けた土壌マップが作成されるので、作成後に、各種解析や今後の精密圃場管理に有効に利用できる。なお、位置情報は、実施の形態で示したように、GPS等を利用して自動的に求めることができるし、マニュアル入力により指定することもできる。リアルタイム処理を考慮すると、位置情報も自動的に求めるのが好ましい。

【0018】

一方、本発明に係る土壌測定支援方法では、土壌の特性を測定する土壌測定装置に対する支援装置における支援方法であって、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壌計測用データを記憶する記憶手段を用意し、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得し、次いで、その取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件とモデルを読み出し、前記読み出した計測条件とモデルを出力するようにした（請求項6）。

【0019】

そして、係る方法を実施するために適した土壤測定支援装置としては、土壤の特性を測定する土壤測定装置に対する支援装置であって、少なくとも土壤タイプと、土壤に含まれる水分量に関する情報と、土壤特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を関連付けた土壤計測用データを記憶する記憶手段と、少なくとも測定地点の土壤タイプと、その土壤に含まれる水分量に関する情報を取得するとともに、その取得した前記土壤タイプと前記水分量に関する情報に基づいて前記記憶手段をアクセスし、対応する計測条件とモデルを決定する決定手段と、その決定手段で決定した前記読み出した計測条件とモデルを出力する手段とを備えて構成することができる（請求項7）。

【0020】

上記のように構成すると、測定地点での土壤タイプと水分量に関する情報を入力することにより、記憶手段に格納された土壤計測用データに基づいて土壤タイプ等にあったモデルと計測条件を決定することができる。そして、出力する手段を介して例えば請求項2等に記載の測定装置の検知手段や計測情報処理手段にセットすることにより、効率よく土壤測定が行える。なお、土壤タイプと水分量に関する情報は、自動或いは手動のいずれの入力方式をとってもよい。

【0021】

そして好ましくは、測定対象の土壤を計測して得られた計測データに基づいて前記土壤タイプを求めるとともに、前記決定手段に与える土壤タイプ検出手段（実施の形態では、「特徴抽出部56と土壤タイプ識別部58」により実現されている）を備えて構成することができる（請求項8）。このようにすることにより、自動的に土壤タイプを入力できるので、土壤タイプに対する知識や情報を持たない人でも簡単に土壤測定をすることができる。また、客土その他により、連続して計測しようとする領域内に異なる土壤タイプが混在するような場合にも自動的に土壤タイプを求めることにより、土壤タイプを間違えることなく、高精度でかつ効率的に土壤特性の解析をすることができる。

【0022】

また、測定対象の土壤を計測して得られた計測データに基づいて前記水分量に

関する情報を求めるとともに、前記決定手段に与える水分量情報検出手段を備えて構成するとよい（請求項 9）。このようにすることにより、自動的に水分量に関する情報を入力できるので、水分量が不明でも簡単に土壌測定をすることができる。特に水分量は、その測定時点でのものを知る必要があり、リアルタイム処理を迅速にする上でも係る機能を持たせるとよい。

【 0 0 2 3 】

さらにまた、前記土壌タイプは、あらかじめ測定し記憶保持したデータベース（実施の形態では、「GIS データ記憶部 6 3」に対応）から求めるようにしてもよい（請求項 1 0）。

【 0 0 2 4 】

客土その他の土壌の改良などを行わない場合には、土壌タイプは急に変わることは少ない。従って、測定しようとする土壌について以前に土壌タイプを測定したデータがある場合には、そのデータを利用することにより、測定中にリアルタイムで土壌タイプの検出処理をする必要がなく、データ処理の負荷が軽減され、処理時間が短縮される。

【 0 0 2 5 】

また、上記処理を実行させるためのプログラムを格納した本発明に係る記録媒体としては、少なくとも測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報を取得する処理、取得した前記土壌タイプと前記水分量に関する情報に基づき、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを得るための計測条件を記憶した記憶領域にアクセスし、対応する計測条件とモデルを読み出す処理、前記読み出した計測条件とモデルを出力する処理をコンピュータに実行させる命令を含む土壌測定支援プログラムを格納したコンピュータが読み取り可能に構成することができる（請求項 1 1）。

【 0 0 2 6 】

さらに好ましくは、測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記土壌タイプを求める処理と、測定対象の土壌を計測して得られた計測データに基づいて前記水分量に関する情報を求める処理の少なくとも一方の処理を含む

ように構成することである（請求項 12）。

【0027】

さらに本発明に係る土壌測定装置としては、測定対象の土壌から所定の計測データを取得する検知手段と、前記検知手段で取得した前記計測データに基づいて所定の土壌特性を求める計測情報処理手段とを備えた土壌測定装置本体と、測定地点の土壌タイプと、その土壌に含まれる水分量に関する情報に基づいて前記計測情報処理手段で処理するためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを取得するための計測条件を決定するとともに、前記土壌測定装置本体に向けて出力する土壌測定支援装置とを有し、前記土壌測定装置本体と前記土壌測定支援装置とは、所定の通信インタフェースによりデータの送受を行うように構成することもできる（請求項 13）。係る発明は、第2の実施の形態で実現されている。

【0028】

このように、測定装置本体と支援装置とを別途形成することで、支援装置をトラクタなどの測定対象の土壌内を移動する手段に搭載しなくてもよくなる。さらに、通信手段として無線を用いた場合には、例えば1つの土壌測定支援装置と複数の土壌測定装置本体を連携させることもできる。

【0029】

さらに本発明に係る記録媒体としては、少なくとも土壌タイプと、土壌に含まれる水分量に関する情報と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルに入力する計測データを取得するための計測条件を関連付けた土壌計測用データをコンピュータが読み取り可能に記録して構成した（請求項 14）。

【0030】

さらに、前記土壌計測用データは、計測対象特性名をさらに関連付けたものとしたり（請求項 15）、計測方式をさらに関連付けたものとすることができる（請求項 16）。さらにには、計測対象特性名と計測方式をさらに関連付けるようにしてもよい（請求項 17）。

【0031】

そして、請求項 14～17に記載の記録媒体を用い、コンピュータに読取らせることにより、土壌を測定する地点の状態にあった計測条件や、モデルを簡単に

読み出し、土壌測定に利用することができ、高精度な土壌の解析が行える。

＊用語の解説

「土壌タイプ」は、土壌の特性に着目して土壌に付与された分類である。分類の目的によって、様々な分類体系がある。土質工学的目的で土壌を分類する場合には、「日本統一土質分類法」が用いられる。また、農業の目的での土壌分類では「農学法」がある。本発明の実施の形態においては、農業の目的のために、土壌の色、土壌粒子の粒径、土壌のテクスチャをもとに土壌タイプを定義する。

【0032】

「土壌に含まれる水分量に関する情報」は、含まれる水分量を特定するための情報であり、実施の形態では、土壌中の固体に対する水分の割合である含水比で定義したが、土壌全体に対する水分の割合である含水率その他の各種のものにより定義できる。さらに、具体的な比率などの値ではなく、「水分量が高い／低い」や「水分量が高い／中くらい／低い」等の定性的な特定でもよい。

【0033】

「計測条件」は、所望の土壌特性を求めるための入力情報を土壌センサで得るにあたって、土壌センサの設置環境、土壌センサのセンシング動作、土壌センサがセンシングして得た情報の出力処理を制御するデータ等である。例えば、土壌センサと土壌面との距離や方向、土壌センサが土壌センシングのために土壌に対して投射する光や電磁波の強度や波長、土壌センサが内蔵する増幅器の増幅率、土壌センサでのサンプリング周期、土壌センサで検知した情報の平均化回数等、多岐にわたる。

【0034】

「モデル」は、土壌センサで取得した計測データ等の入力に基づいて、所望の土壌特性（出力）を求めるための処理機能を実現するための情報である。表現の形態としては、数式、サブルーチン、テーブル、ルール、所定の処理方式におけるパラメータ、数式やサブルーチンへのポインタ等、多岐にわたる。

【0035】

そして、上記処理機能は、モデル自身が備えている場合はもちろんのこと、モデル自身は備えていなくても、例えば、入力された計測データを受け、最終的に

処理機能を実現できるようになっていればよい。一例を示すと、上記例示したポイントの場合には、それ自身は処理機能はないが、そのポイントにより指定された記憶領域などに処理機能が格納されており、その格納された処理機能を実行して土壌特性を求めようになっているても良い。すなわち、要は、モデルに対して計測データを入力した場合に、そのモデルにより特定される情報を使用し、土壌特性が求められれば良い。

【 0 0 3 6 】

また、測定地点の土壌タイプや水分量に関する情報は、必ずしも測定時点における測定地点のものを計測し得られたものに限らない。すなわち、あらかじめ既知であった場合には、その既知のデータを利用することができる。また、ある範囲で同じ場合には、実際の測定地点では測定することなく、その別の場所で測定して得られたデータを測定地点におけるデータと推定して処理することもできる。要は、測定地点における土壌タイプと水分量に関する情報を取得できれば、その取得方法は任意である。つまり、直接或いは間接的に入手したり、さらには推定する等の各種の方法により取得すればよい。

【 0 0 3 7 】

「計測対象特性名」は、測定する土壌特性を特定するための情報である。また、「計測方式」は、土壌特性を測定するために、どのような方法により計測データを取得するかについて特定する情報である。測定の仕方、使用するセンサや測定装置等や、それらの装置類の使用方法、設定条件等、多岐にわたる。

【 0 0 3 8 】

【発明の実施の形態】

図 2 は、本発明が適用される移動型土壌観測車両を使用して土壌特性の測定を行う場合の概略構成図であり、圃場 1 0 内の各地域の土壌特性の測定を行うものである。同図に示すように、本発明の土壌測定装置 1 1 をトラクタ 1 2 に実装する。そして、そのトラクタ 1 2 で圃場 1 0 内を移動しながら、その圃場 1 0 内の各場所で、土壌測定装置 1 1 を用いてその土壌特性を測定する。

【 0 0 3 9 】

また、圃場 1 0 内でのトラクタ 1 2 の現在位置は D G P S (D i f f e r e n

tial Global Positioning System) 衛星 14 との通信によって獲得し、土壌特性を計測する土壌測定装置 11 の測定結果と DGPS 衛星 14 から得た現在位置情報に基づいて圃場 10 内の各地域における土壌状態を測定し、記録するようにしている。

【0040】

図 3 は、土壌測定装置 11 の概略構成を示している。本形態では、主として土壌の光学特性を検出し、それに基づいて土壌の特性を測定するようにしている。具体的には、土壌測定装置 11 は、そのトラクタ 12 の後部に取り付けられている。そして、土壌測定装置 11 は、圃場 10 の土壌 16 を掘削しながら、土壌 16 内を進む装置本体 20 と、その装置本体 20 を、トラクタ 12 に接続する支持フレーム 21 と、支持フレーム 21 上に載置された分光装置 22 と、装置本体 20 の上端に支持アーム 24 を介して接続された深度測定用転輪 25 と、トラクタ 12 上に置かれ、分光装置 22 や深度測定用転輪 25 等から与えられる情報に基づいてデータ処理をする土壌測定支援装置 26 を有している。

【0041】

装置本体 20 は、土壌 16 の掘削を行う土壌掘削部 28 と、その土壌掘削部 28 の後段に接続され、土壌 16 に対するセンシングを行うセンシング部 29 を有している。また、分光装置 22 は、センシング部 29 で検出した光を分光し、所望の波長成分を抽出し、光スペクトラムを得るようになっている。

【0042】

さらに、支持アーム 24 は、支持フレーム 21 に連結する上端部を中心に正逆回転可能となり、深度測定用転輪 25 は、支持アーム 24 の先端にフリー状態で自転するように取り付けられている。これにより、深度測定用転輪 25 は、図 3 中時計方向、つまり支持アーム 24 とセンシング部 29 の上方部位とのなす角 θ が狭くなる方向に公転移動するような方向に力が働くので、常時地表面 30 上に接触する。そして、トラクタ 12 の移動に追従して、深度測定用転輪 25 は、地表面 30 上に接触した状態を維持しながら自転する。さらに、装置本体 20 の掘削深度が変動すると、支持フレーム 21 と地表面 30 との距離が変化するので、それに応じて深度測定用転輪 25 が上下移動する。

【0043】

よって、この深度測定用転輪 25 の上下移動にともない、支持アーム 24 も正逆回転する。そして、掘削深度が深いほど深度測定用転輪 25 は上昇し、角度 θ も広くなる。従って、その角度 θ を検出することにより、深度測定用転輪 25 の位置、ひいては掘削深度を検出することができる。なお、角度 θ は、例えば、支持アーム 24 の上方の回転軸にロータリエンコーダ等の回転角度検出装置を取り付けることにより測定できる。そして、その角度 θ の測定結果は、土壌測定支援装置 26 に与えられる。

【0044】

また、土壌測定支援装置 26 は、パソコン等により構成することができる。さらに、本形態では、トラクタ 12 の前方に発電機 27 を設置する。この発電機 27 は、AC 100V を発生する交流発電機であり、土壌測定支援装置 26 や分光装置 22 などの駆動電源として使用する。

【0045】

図 4 は、土壌掘削部 28 及びセンシング部 29 の部分の側面図で、図 5 は図 4 の断面図である。同図に示すように、土壌掘削部 28 は、トラクタ 12 の走行にともなって土中を掘削するとともに、センシング部 29 で土壌のセンシングがしやすいように平坦な土壌面を作るもので、土中を地表面 30 に平行に進む。

【0046】

具体的には、土壌掘削部 28 は、先端が尖った略円錐形状の第 1 の土中貫入部 31 と、第 1 の土中貫入部 31 に連設して設けられて円形の断面が序々に大きくなる第 2 の土中貫入部 32 と、その第 2 の土中貫入部 32 と接続部材 33 を介して設けられ上部にはシャンク 34 が取り付けられる第 3 の土中貫入部 35 と、第 3 の土中貫入部 35 とセンシング部 29 を接続するとともに下面には後述する均平板 36 が取り付けられた第 4 の土中貫入部 37 とを備えている。

【0047】

このような構成において、土壌掘削部 28 の先端に位置する第 1 の土中貫入部 31 は略円錐形状で断面は略円形状であり、第 1 の土中貫入部 31 に連設して設けられた第 2 の土中貫入部 32 の断面も略円形状である。従って、土壌掘削部 2

8は断面が略円形の穴を掘削しつつ土中を進むことになる。そして、断面が略円形なので周囲の土壌から受ける抵抗が小さく、これによって土中での進行を円滑にし、かつ測定対象となる周囲の土壌の性状を損なわない。

【0048】

また、第1の土中貫入部31によって掘削された穴は上記のごとく略円形であり、その円形の下部（最深部側）は円弧を描いており、平坦ではない。一方、図4に示すように、第2の土中貫入部32、第3の土中貫入部35、第4の土中貫入部37はいずれも第1の土中貫入部31の底面とセンシング部29の底面を結ぶ直線L1より上に位置している。従って、センシング部29の前に来るまで掘削された穴の底部（最深部側）の形状に変化はなく円弧を描いている。

【0049】

しかし、このように円弧を描いている土壌を測定対象としては精度のよい土壌測定はできない。そこで、第4の土中貫入部37の下面には均平板36を取り付け、それまで円弧を描いていた穴の底部を平坦にするようにしている。

【0050】

さらに、シャंक34は、進行方向の先端に位置して土壌を切り開くもので、図4に示すように進行方向Aの反対側に僅かに傾斜して設けられ、進行にともない土壌から開ける抵抗を小さくするようにしている。さらに、図5に示すようにその先端部34aは、例えば30度の角度で楔形に形成されている。よって、最小限の抵抗を受けつつ土中を進行でき、深度の深い部分の土壌の測定ができるように構成されている。

【0051】

一方、センシング部29は、測定対象となる土壌面40側が開口したセンシング室41と、複数のセンサ群が格納されたセンサ格納部42より構成される。センサ格納部42には、中央に測定対象となる土壌面40を撮像するCCDカメラ43が設けられ、そのCCDカメラ43でカラー画像データを撮像するようにしている。

【0052】

CCDカメラ43の両隣には、可視光の反射光を収集する可視光集光ファイバ

4 4 と近赤外光の反射光を収集する近赤外光集光ファイバ 4 5 が設けられている。また、センサ格納部 4 2 の両側には照明用光ファイバ 4 6 が設けられている。そして、図外のハロゲンランプ等の光源から出射された光が、照明用光ファイバ 4 6 により導かれて土壌面 4 0 を照射するようになる。

【 0 0 5 3 】

このように、検出対象の光が、可視光と近赤外光であるので、照明用光ファイバ 4 6 は光源から送出された光のうち、可視光の波長域である 4 0 0 n m ~ 9 0 0 n m の波長域の光と近赤外光の波長域である 9 0 0 n m ~ 1 7 0 0 n m の波長域の光を含む 4 0 0 n m ~ 2 4 0 0 n m の波長域の光のみを透過させるようにしている。

【 0 0 5 4 】

そして、近赤外光集光ファイバ 4 5 は近赤外光の波長帯域である 9 0 0 n m ~ 1 7 0 0 n m の波長域の光のみを収集する。また、可視光集光ファイバ 4 4 は照明用光ファイバ 4 6 から照射した光の反射光うち、可視光の波長域である 4 0 0 n m ~ 9 0 0 n m の波長域の光のみを収集する。

【 0 0 5 5 】

また、センシング部 2 9 の上部には進行方向 A と反対方向にわずかに傾斜して地上に突出する光ファイバ等のコード類を保護する保護ケース 4 7 が設けられ、保護ケース 4 7 とシャンク 3 4 との間にはセンサ本体支持部 4 8 が設けられている。

【 0 0 5 6 】

分光装置 2 2 は可視光用分光器と、近赤外光用分光器より構成され、可視光集光ファイバ 4 4 で収集された土壌面からの反射光が可視光用分光器に送出され、近赤外光集光ファイバ 4 5 で収集された土壌面からの反射光が近赤外光用分光器に送出され、各波長域における受信強度が測定されるように構成されている。

【 0 0 5 7 】

なお、各分光器は、フォトダイオードリニアアレイによるマルチチャンネル式分光器で、可視領域では 4 0 0 n m ~ 9 0 0 n m の波長域で 2 5 6 チャンネル、近赤外領域では 9 0 0 n m ~ 1 7 0 0 n m の波長域で 1 2 8 チャンネルが同時に

高速検出可能である。一例を示すと、UV-3100PC（島津製作所製）を用いている。

【0058】

図6は、土壌測定支援装置26の内部構造並びに周辺機器との接続状態を示している。まず、本形態の土壌測定支援装置26は、土壌特性を求めるに際し、その土壌タイプと、その土壌の含水比に応じた、土壌特性を求めるためのモデル（演算式）や必要な計測データの種類（計測条件）を決定し、そのモデルに基づいて与えられた計測データからその土壌特性を求めるようにしている。

【0059】

つまり、上記したモデル等を決定する前処理機能と、計測データに基づいて実際の土壌特性を求める計測機能を有している。そして、1つの圃場10の中でも場所により含水比が異なることが有り、さらに、例えば客土などを行っている場合には、土壌タイプも異なることが有る。従って、上記した2つの機能は、各測定地点において共にリアルタイム処理をするようにしている。

【0060】

もちろん、あらかじめ1つの圃場10内など連続して測定する領域における土壌タイプや、含水比が一定であることがわかっている場合には、前処理機能は、最初に1回実行し、その後は計測機能のみ実行するようにしても良い。さらには各計測位置でその都度前処理機能と計測機能を実施するのではなく、前処理機能は任意のタイミングで実行するようにしても良い等各種の変更実施が可能である。

【0061】

そして、具体的な構成としては以下ようになる。まず、接続状態について説明すると、同図に示すように、土壌センサSは、土壌の光学特性を計測して得られた計測データを土壌測定支援装置26に与えるようになっている。さらに、測定対象の土壌面を撮像した画像データも送れるようになっている。つまり、土壌センサSは、図4、図5等にした分光装置22やセンシング部29等に対応する。

【0062】

土壌測定支援装置 2 6 は、受け取った計測データに基づいて土壌タイプと含水比を判定し、それに基づいて最適な計測条件と、土壌特性を測定する際のモデル（演算式）を決定する。そして、決定した計測条件を得られるように土壌センサ S に制御データを送る。さらに、決定した計測モデルに基づいて、土壌センサ S から与えられる計測データから土壌特性を測定し、その結果を土壌マップ作成部 5 0 に与えるようになっている。

【 0 0 6 3 】

さらに、土壌測定装置は、GPS 装置 5 1 を備え、受信した DGPS 信号を解析し、装置が存在している現在位置を検出し、その位置情報を土壌マップ下部 5 0 に与える。そして、土壌マップ作成部 5 0 は、位置情報と土壌特性を関連付けた土壌マップを作成し、土壌マップ記憶部 5 2 に格納するようになっている。この土壌マップ記憶部 5 2 は、パソコンのハードディスク等の内部記憶手段でも良いし、MO、FD や PC カードその他の外部記憶手段でも良い。

【 0 0 6 4 】

次に、土壌測定支援装置 2 6 の内部構成を説明する。まず、本来の計測機能を実施するための計測情報処理部 5 5 を有する。土壌センサ S から出力される計測データ（主として波長スペクトラムデータ）は、この計測情報処理部 5 5 に与えられる。さらに、土壌センサ S から出力される計測データは、土壌タイプ識別用の特徴抽出部 5 6 と含水比検出部 5 7 に与えられる。

【 0 0 6 5 】

そして、特徴抽出部 5 6 で抽出された特徴量は、次段の土壌タイプ識別部 5 8 に与えられ、そこにおいて現在位置における土壌タイプを求めるようになっている。さらに、求めた土壌タイプは、決定部 5 9 に与えられる。本形態では、土壌タイプは、測定対象の土壌面を撮像して得られたカラーの画像データに基づいて決定し、含水比は、所定波長の反射光強度に基づいて決定される（詳細は後述する）。

【 0 0 6 6 】

決定部 5 9 は、与えられた土壌タイプ並びに含水比から、土壌計測用データ記憶部 6 0 に格納された土壌計測用データをアクセスし、土壌計測をするのに適し

たモデルと、必要な計測データを得るための計測条件を決定する。つまり、モデルはモデル決定部 59 a で決定し、決定したモデルを計測情報処理部 55 に与える。また、計測条件は計測条件決定部 59 b で決定し、決定した計測条件を計測条件設定部 61 に与える。

【0067】

そして、計測条件設定部 61 は、土壌センサ S から計測情報処理部 55 に与えられる計測データが決定された計測条件に適合するように制御データを出力する。この土壌センサを制御するための制御データとしては、反射光の光スペクトラムの中で出力を必要とする波長帯域を指定するデータや、ノイズ除去のための平滑化を制御するためのデータ（例：平均化のためのサンプル回数）等がある。

【0068】

計測条件設定部 61 は、モデル決定部 59 a から与えられたモデルにしたがい、上記した制御データにより設定された所望の計測データを土壌センサ S から受け取るとともに、データ処理をして計測対象の土壌特性を求める。そして、その求めた計測結果、つまり土壌特性を土壌マップ作成部 50 に向けて出力する。

【0069】

なお、上記したように、計測情報処理部 55 に与えられる計測データは、前処理機能を実行し、決定された計測条件に基づき決定されたものであり、一方、特徴抽出部 56 や含水比検出部 57 に与えられる計測データは、土壌タイプや含水比検出に適したものとなる。よって、両者の入力は共に「計測データ」としているが、具体的な内容は異なることが有る（もちろん同じ場合も有る）。

【0070】

次に各部の詳細な説明をする。まず、含水比検出部 57 は、波長が 1850 nm における反射光に基づいて含水比を決定する。すなわち、1850 nm は、水の吸収帯の 1 つであり、既知の異なる含水比の土壌面からの反射光のうち 1850 nm の波長の光強度を測定し、その光強度の一次微分の標準化値と含水比の相関を求めると、図 7 のような特性となる。

【0071】

ここで、一次微分は 1850 nm と、その前後の 1 または数個分の波長の光強

度から求めることができる。また、標準化値は、平均を 0、標準偏差を 1 にする変換で、測定値を x 、測定値の平均値を m 、標準偏差を σ とした場合に、

$$\text{標準化値} = (x - m) / \sigma$$

により求められる値である。また、含水比は土壌中の固体分の重量に対する水分の重量の割合である。

【0072】

図 7 から明らかなように、含水比が高いものは一次微分の標準化値が負（ $-0.5 \sim -1.3$ 程度）となり、含水比が低いものは一次微分の標準化値が正（ $0 \sim 2$ 程度）となる。そして、その一次微分と含水比の相関は、下記の一次式により重決定 R^2 が 0.940 となり、さらに下記の指数関数を適用すると R^2 は 0.968 となる。これにより、 $\pm 5\%$ の精度で含水比を推定できる。

$$y = -39.9x + 64.7$$

$$\rightarrow R^2 = 0.940$$

$$y = 43.6e^{-1.05x}$$

$$\rightarrow R^2 = 0.968$$

従って、含水比検出部 57 は、上記した相関式（例えば指数関数式）や、標準化値を求めるための標準偏差や平均値を記憶しておき、与えられた計測データである 1850 nm を含む所定波長の反射光量から一次微分の標準化値を求め、その標準化値をその相関式に代入することにより含水比 y を求めることができる。そして、その求めた含水比を決定部 59 に送る。

【0073】

なお、上記の相関は、測定機固有のものとなるので、あらかじめ使用する測定機により実験を行い、相関式や、標準化値を求めるためのデータを求め、その情報を含水比検出部 57 にセットする。また、一次微分さらには標準化値は、土壌センサ S 側で行い、その結果を含水比検出部 57 が受け取るようにしてももちろんよい。

【0074】

土壌タイプの識別は、本形態では土壌面の色に基づいて決定するようにしている。すなわち、土壌の色は、構成物質によって決まり、特に、着色剤である有機

物と鉄化合物の量及び形態により決定される。そして、係る色と着色物質並びに土壌の関係の一例を示すと図 8 のようになっている。

【0075】

このように、一色から土壌中に存在する着色物質がわかり、複数の色が混在している場合には、その混在する色の存在率等から着色物質の存在量も推定できる。これにより、土壌面の色の状態から土壌中に含まれる構成物質を特定し、その存在量から土壌タイプを推定できる。

【0076】

そこで、特徴抽出部 56 では、与えられた画像データに対して画像処理をし、画像データ中に存在する色成分とその存在率を抽出する。そして、抽出した色成分、存在率を土壌タイプ識別部 58 に送る。土壌タイプ識別部 58 では、上記した図 8 に示すような関連情報に基づいて作成された、特徴量（色成分・存在率）と土壌タイプを関連付けたテーブルを用意しておき、受け取った特徴量に基づいてそのテーブルを参照し、該当する土壌タイプを抽出する。そして、抽出した土壌タイプを決定部 59 に送る。

【0077】

決定部 59 では、マニュアル入力部 62 を介して操作員から入力された計測方式のデータと計測対象の土壌特性名を受け取るとともに、上記自動的に求められた含水比と土壌タイプに基づいて、土壌計測用データ記憶部 60 をアクセスし、計測条件やモデルを決定する。

【0078】

さらに本形態では、このマニュアル入力部 62 を用いて、土壌タイプや含水比を決定部 59 に対して入力できるようにしている。つまり、土壌タイプや含水比は、上記したように計測データに基づいて自動的に設定する場合と、マニュアルで入力する場合の両方に対応できるようになっている。

【0079】

さらに、最近では、全国の各畑に対し、それぞれ数地点でサンプリングし土壌タイプを求め、それをデータベース化している。このデータベースに格納されたデータを GIS データと称している。そこで、この GIS データを GIS データ

記憶部 62 に記憶保持させておき、その記憶した GIS データから計測対象の土壌タイプを抽出し、決定部 59 に与えることができるようになっている。この場合の GIS データを読み出す際に必要な位置情報は、マニュアルで指示したり、或いは GPS 装置 51 で検出したものを用いることができる。

【0080】

ここで土壌計測用データについて説明すると、図 9，図 10 のようなデータ構造となっている。同図に示すように、入力側として計測対象特性名，含水比，土壌タイプ，計測方式の 4 つのパラメータがあり、出力側にその入力側の 4 つのパラメータにより特定されるモデルと計測条件の 2 つの情報が関連付けられたテーブルとなっている。

【0081】

つまり、モデル決定部 59 a は、操作員から与えられる 2 つのデータと、土壌タイプ識別部 58，含水比検出部 57 から与えられる土壌タイプと含水比の 2 つのデータ（マニュアル入力や GIS データからの入力もある）に基づいて入力側をサーチし、該当するものが検出されたならばそれに関連付けられた出力側のモデルの欄を読み出し、計測情報処理部 55 に与える。同様に、計測条件決定部 59 b は、手動並びに自動により与えられた上記 4 つのデータに基づいて入力側をサーチし、該当するものが検出されたならばそれに関連付けられた出力側の計測条件の欄を読み出し、計測条件設定部 61 に与える。つまり、本形態では、決定部 59 は、与えられた情報に基づいて土壌計測用データ記憶部 60 に格納されたテーブルを参照し、該当する情報を抽出するとともに、出力する機能を有している。

【0082】

なお、図 9，図 10 では、入力は①計測対象特性名、②含水比、③土壌タイプ、④計測方式の 4 種類である。①計測対象特性名と④計測方式は通常は一つの農地においては一定として土壌特性の計測が行なわれると考えられる。この場合には、図 9，図 10 のテーブルを検索するためのインデックスとしては、それら①計測対象特性名と④計測方式は不要となる。しかし、計測対象の土壌特性や計測用センサを変更した場合には、①～④のすべてが図 9，図 10 のテーブルの検索

に必要なになる。

【0083】

次に、土壌計測用データの各項目について説明する。計測対象特性名は、土壌特性のうち計測したい種類を特定するものである。図示の例では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、電気伝導度、含水比を示しているが、これ以外にもリン、カリウム、マンガン、マグネシウム、鉄、ホウ素、ケイ素等の化学成分や、有機物含量や、透水性、硬さ、pH等の土の物理量等がある。

【0084】

また、計測方式は、どのような方法により計測データを取得するかについて特定するもので、使用するセンサや測定装置等によっても異なる。図中に示した方式1は、上記した実施の形態の装置を用いた計測方式である。なお、入力側の含水比と土壌タイプは、上記した実施の形態で説明した通りである。

【0085】

モデルは、土壌センサSから与えられた計測データに基づいて、計測対象特性名を求めるためのもので、本形態では演算式を特定するデータが格納されている。この演算式は、指数重回帰、線形重回帰等を用いることができる。そして、係る演算式は、実際に既知の土壌においてサンプリングを行い、計測データに対する計測対象特性の値の相関データを取り、得られた相関関係に基づいて決定している。また、計測条件は、モデルの演算式における変数を取得するために必要な計測データの種類であり、光スペクトルの場合には、サンプリングする波長データである。

ここで上記モデルについて説明する。土壌タイプが関東ロームで、含水比が低い場合における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は、

$$A + \sum B_i \cdot \exp(C_i \cdot Y_i)$$

により求められる。ここで、 Y_i は、波長 X_i の一次微分である。通常は二次微分を用いるところ、一次微分を用いることにより、精度よく $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を求めることができた。また、 B_i 、 C_i は、それぞれ係数であり、この例では i は1から3の値をとるようになっている。

【0086】

つまり、 $i = 1$ のときは、 B_1 、 C_1 と、計測条件①で示した波長 824 nm における反射光量の一次微分値により算出された値、 $i = 2$ のときは、 B_2 、 C_2 と、計測条件②で示した波長 1280 nm における反射光量の一次微分値により算出された値、 $i = 3$ のときは、 B_3 、 C_3 と、計測条件③で示した波長 1768 nm における反射光量の一次微分値二より算出された値の総和に、係数 A を加算した値が、求める $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の値である。

【0087】

上記式により求めた $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度（推定値）の値と、実際の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度（測定値）の相関を採ると、図 11（a）のようになった。図から明らかなように、ほぼ直線上に乗っており、決定係数 R^2 は、 0.903 という高水準のものとなった。

【0088】

また、同じ土壌タイプである関東ロームで含水比が高い場合のモデルは、演算式は上記した含水比が低い場合と同じであり、 i も 3 と同じである。しかし、具体的な A 、 B_i 、 C_i の係数の値や、計測条件として設定される 3 つの波長が異なる。このように含水比に応じたモデル（演算式）を設定することにより、係る演算式により求めた $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度（推定値）の値と、実際の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度（測定値）の相関を採ると、図 11（b）のようになった。図から明らかなように、ほぼ直線上に乗っており、決定係数 R^2 は、 0.732 という結果が得られた。

【0089】

このモデルでは、含水比が高いほうの決定係数 R^2 がやや低いものの、従来は $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を算出することができなかったことに鑑みれば、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を直接演算により求めることができるようになった本形態は、優れた効果を奏するといえる。

【0090】

一方、大まかな含水比ではなく、より高精度に含水比を知りたい場合がある。従って、含水比が低い畑地において、計測対象特性名が精密な含水比とした場合には、図 10 に示すような一次式からなるモデルにより求めることができる。但

し、図中に示したように、計測データXに基づいて求めるWは二次微分値Yについての標準化値としている。標準化値は、含水比検出部57にて大まかな含水比を求める際に使用したものと同様である。そして、二次微分の標準化値と含水比の相関を採ると、図12(a)のようになった。図から明らかなように、ほぼ直線上に乗っており、決定係数 R^2 は、0.980という結果が得られた。

【0091】

同様に、含水比が高い畑値の場合、演算式は上記した含水比が低い場合と同じであり、使用する波長も1つである点でも同じである。しかし、具体的なA、Bの係数の値や、計測条件として設定される波長が1850nmと異なる。さらに反射光量の一次微分の標準化値を用いる点でも異なる。そして、一次微分の標準化値と含水比の相関を採ると、図12(b)のようになった。図から明らかなように、ほぼ直線上に乗っており、決定係数 R^2 は、0.706という結果が得られた。

【0092】

また、電気伝導度については、具体的な相関を示すグラフの図示は省略するが、含水比が低い畑値の場合の重決定 R^2 は、0.809となり、含水比が高い畑値の場合の重決定 R^2 は、0.808となった。

【0093】

さらにまた、有機物含有量を計測する場合には、含水比が低い畑地の場合は図13(a)に示すような測定結果が得られ、重決定 R^2 は、0.886となり、含水比が高い畑地の場合は同様に図13(b)に示すような測定結果が得られ、重決定 R^2 は、0.811となった。このように、いずれも信頼性の高い相関値が得られる。

【0094】

次に、上記した本実施の形態の装置を用いて、本発明方法の一実施の形態を説明する。図14、図15に示すように、まず、土壌タイプはGISから入力するか否かを判断する(ST1)。そして、GISからの入力するモードの場合には、ステップ2に飛び、測定する農地の位置の入力を受け、それに基づいてGISデータ記憶部63をアクセスし、対応するGISデータに格納された土壌タイプ

を読み出す。その後、ステップ6（含水比の計測モード判定）に進む。

【0095】

一方、GISから入力しない（ステップ1の分岐判断でNo）の場合には、ステップ3に飛び、マニュアルで土壌タイプを入力するか否かを判断する（ST3）。そして、マニュアル入力をする場合には、ステップ4に進み、操作者が入力した土壌タイプを受け取り、記憶する。また、マニュアル入力でない場合には、ステップ5に進み土壌タイプ自動検出モードに設定する。つまり、計測データに基づき、特徴抽出部56、土壌タイプ識別部58を動作させて土壌タイプを判定するようになる。

【0096】

上記のようにして、土壌タイプの入力モード（GIS／マニュアル／自動）が決定されたならば、含水比を自動計測するか否かを判断する（ST6）。そして、自動計測しない場合には、マニュアル入力部62から入力された含水比を読み取り、記録する（ST7）。また、自動計測する場合には、自動計測モードに設定する（ST8）。つまり、計測データに基づき、含水比検出部57を作動させて含水比を判定するようになる。

【0097】

次いで、マニュアル入力部62から与えられる計測対象特性名と計測方式のデータを受け取る（ST9）。なお、このステップ9の処理と、上記した土壌タイプの入力モードや含水比の入力モードを設定する処理は、上記した順番に限る必要はなく、任意の順番で実行可能である。そして、上記各処理が完了したならば、計測終了するまで、以下に示す処理を各計測点にて実行することになる（ST10）。

【0098】

まず、含水比や土壌タイプが自動計測モードであるか否かを判断する（ST11、ST13）。自動計測モードでない場合には、すでに対応する値が記憶されているので、その記憶された値を使用する。また、自動計測モードの場合には、含水比の場合には、反射光量に基づいて算出し（ST12）、土壌タイプの場合には、撮像したカラー画像に基づいて設定する（ST14）。

【0099】

上記のようにしてステップ14までの処理を実行すると、計測しようとする地点における4つの入力データ（土壌タイプ、含水比、計測対象特性名、計測方式）が決定されるので、決定部59はそれに基づいて土壌計測用データ記憶部60にアクセスし、対応する計測条件とモデルを読み出す（ST16）。そして、計測条件は土壌センサSにセットし、モデルは計測情報処理部55に与える。

【0100】

その後、計測条件により設定された必要な計測データが、土壌センサSから計測情報処理部55に与えられるので、その計測データに基づいてモデルを利用して土壌の特性を計測する（ST16）。そして、その求めた土壌の特性と、計測地点の位置情報（GPSにより求める）を関連付けたマップを土壌マップ作成部50で作成し、土壌マップ記憶部52に記憶する。このステップ11～17までの処理を、計測終了（通常は、圃場の全領域を計測）するまで繰り返し実行する。

【0101】

図16は、本発明の第2の実施の形態を示している。同図に示すように、本実施の形態ではトラクタなどに搭載し、圃場内を移動する土壌測定装置本体70と、トラクタには搭載せず、土壌測定装置本体70と通信し、計測条件やモデルを設定する土壌測定支援装置26'とを分離して構成している。もちろん、実際に運用するに際し、土壌測定支援装置26'をトラクタに搭載し、土壌測定装置本体70とともに圃場内を移動させてもかまわない。要は、実際に土壌特性を計測する装置本体部分と、計測するのに必要な各種条件を設定する支援装置を分離して形成できていればよい。

【0102】

そして、土壌測定装置本体70と土壌測定支援装置26'間では、それぞれに設置された通信インタフェース部71、72を介してデータの送受を行っている。このデータの通信は、有線並びに無線のいずれの通信媒体を用いることができる。

【0103】

また、具体的な構成としては、図 6 に示す装置構成において、実際に土壌特性を計測する際に必要な処理部、つまり、土壌面から各種情報を取得する土壌センサ S や、その土壌センサ S から与えられた計測データに基づいて土壌特性を計測する計測情報処理部 55 や、その計測情報処理部 55 から出力される計測結果に基づいて土壌マップを作成するための土壌マップ作成部 50 及び位置情報を取得する GPS 装置 51 並びに、土壌マップ作成部 50 で作成された土壌マップを記憶する記憶部 52 などが土壌測定装置本体 70 に実装される。

【0104】

さらに、計測情報処理部 55 に対して操作員等から各種の制御命令を与えるためのマンマシンインタフェース部 73 と、計測情報処理部 55 の計測結果等を外部装置に送るための無線送信部 74 を備えている。

【0105】

一方、土壌測定支援装置 26' 側には、図 6 に示す装置構成のうち、前処理機能を実現する処理部、つまり、土壌タイプを自動的に求めるための特徴抽出部 56 と土壌タイプ識別部 58 と、含水比を自動的に求めるための含水比検出部 57 と、土壌計測用データ記憶部 60 並びに計測条件等を決定する決定部 59 が実装されている。また、図示省略するが、GIS データなども実装することは、もちろんかまわない。

【0106】

そして、本形態では、土壌タイプ、含水比を自動的に求めるために必要な計測データは、土壌センサ S から計測情報処理部 55 を経由して土壌測定装置本体 70 側から通信インタフェース部 71、72 を介して与えられる。また、計測方式や計測対象特性名等のマニュアル入力されるデータも、土壌測定装置本体 70 側から与えられる。具体的には、マンマシンインタフェース部 73 から与えられたデータが、計測情報処理部 55 を介して与えられる。もちろん、計測情報処理部 55 を介することなく直接通信インタフェース部 71 を介して与えられるようになっていてもよい。さらには、土壌タイプや含水比をマニュアル入力する場合も、上記した計測方式等と同様の経路で決定部 59 に与えることができる。

【0107】

また、決定部 59 で決定した計測条件とモデルは、両通信インタフェース部 71, 72 を介して土壤測定装置本体 70 に伝送され、さらに計測情報処理部 55 を介して土壤センサ S に設定される。つまり、本形態では、計測情報処理部 55 には、本来の土壤特性を計測する機能に加えて、図 6 に示す計測条件設定部や、データの転送機能も付加している。なお、その他の各処理部の具体的な処理機能は、上記した第 1 の実施の形態と同様であるのでその詳細な説明を省略する。

【0108】

次に、上記した第 2 の実施の形態の装置を用いた本発明に係る計測方法の実施の形態を説明する。図 17, 図 18 は、土壤測定装置本体 70 の処理機能を示している。同図に示すように、まず、マンマシンインタフェース部 73 を用いて計測方式、計測対象特性名を入力する (ST21)。よって、計測情報処理部 55 は、係る 2 つの入力データを受け取る。また、土壤センサから含水比の概略値を求めるためのデータを取得する (ST22)。このデータとしては、例えば特定波長の反射光量が用いられる。さらに、カラーテレビカメラで撮像した土壤面のカラー画像を取得する (ST23)。さらに GPS 装置 51 を用い、現在の位置情報を入手する (ST24)。

【0109】

そして、上記ステップ 21~24 を実行して得られた各種情報を計測情報処理部 55 が電文にまとめ、センサ側の通信インタフェース部 71 を介して土壤支援装置側に送信する (ST25)。なお、位置情報は GIS データを利用しない場合には、特に電文にまとめて送らなくてもよい。

【0110】

土壤測定支援装置は、電文で送られてきた各種情報を取得し、土壤タイプ、含水比を求めるとともに、決定部 59 にて土壤タイプ、含水比情報と、与えられた計測方式、計測対象特性名に基づいて計測条件とモデルを決定する。そして、決定部 59 が計測条件とモデルを電文にまとめて支援装置側の通信インタフェース部 72 を介して土壤測定装置本体 70 側に伝送する。

【0111】

土壤測定装置本体 70 は、土壤測定支援装置 26' から送られてくる応答の有

無を判断し（ST26）、応答を受けたならば、受け取ったデータに基づいて土壌センサSに計測条件を設定するとともに、計測情報処理部55にモデルを設定する（ST27）。

【0112】

そして、計測情報処理部55は、設定した計測条件により土壌センサSから出力される計測データを受け、モデルに基づいて土壌特性を求める。そして、GPS装置51で検出された位置情報と対応付けて土壌マップ作成部50にてマップを作成する（ST28）。また、求めた計測情報等は、無線送信部を通じて外部に送信することができる（ST29）。そして、上記した一連の処理を全ての計測位置に対して実行する（ST30, 31）。

【0113】

なお、上記した実施の形態では、含水比はマニュアル入力か反射光量に基づいて行うようにしたが、本発明はこれに限ることはなく、水分センサなどにより概略値を求めるようにしてもよい。さらに、上記した各実施の形態では、土壌特性は、反射光量に基づいて求めることを説明したが、土壌センサはこれに限ることはなく、力学的、電氣的、化学的その他の各種の情報に基づいて検出することができる。

【0114】

上記した各実施の形態は、いずれも装置に組み込んだ状態を前提として説明したが、上記した各処理（例えば各図に示したフローチャートを実行するための処理）をコンピュータに実行させるためのプログラムとし、係るプログラムは所定の記録媒体に記録して提供するようにしてもよい。

【0115】

すなわち、図19、図20に示すように、記録媒体としては、フロッピーディスク（FD）80やCD-ROM81などがあり、係る記録媒体80, 81に格納されたプログラムは、FDドライブ82やCD-ROMドライブ83を介してコンピュータ84に接続された（内蔵された）HDユニット85にインストールされ、これにより、コンピュータ84は、上記した実施の形態で説明した装置を構成することになる。

【0 1 1 6】

具体的には、実施の形態における計測情報処理部 5 5、特徴抽出部 5 6、含水比検出部 5 7、土壌タイプ識別部 5 8、決定部 5 9などは、HDユニット 8 5にインストールされ、例えば使用の都度HDユニット 8 5から内部メモリ 8 6に転送され、そこにおいて各種処理を高速に行うことができる。また、土壌計測用データ記憶部 6 0、GISデータ記憶部 6 3は、HDユニット 8 5や、CD-ROM 8 3などの記録装置や記録媒体により実現される。

【0 1 1 7】

さらに、キーボード 8 7、マウス 8 8は入力装置として機能し、この入力装置を介してマニュアル入力するデータが与えられる。なお、図中符号 8 9は表示装置であり、解析結果などを表示したり、マニュアル入力するデータや、GISデータを読み出すための位置情報などの他、各種制御命令を入力する際の内容を表示し、確認できるようになっている。

【0 1 1 8】

【発明の効果】

以上のように、本発明に係る土壌測定装置（請求項 2）及び測定方法（請求項 1）並びに記録媒体（請求項 5）では、水分量や土壌タイプが異なる土壌に対する土壌特性を、精度よく求めることができる。そして、請求項 3 のように構成すると、土壌測定支援機能により、測定地点に適した計測データやモデルを自動設定することができるので、効率よく計測できる。さらに、請求項 4 のように構成すると、位置情報と土壌特性を関連付けたマップが作成できるので、後でそのマップを利用して各種計画をたてることができるので好ましい。

【0 1 1 9】

また、請求項 1 3 のように構成すると、土壌特性を測定・解析するための装置本体部分と、測定する際のモデルなどを設定する支援装置が分離配置可能となるので、利用態様が多様化し、より利便性が高まる。

【0 1 2 0】

また、本発明に係る土壌測定支援装置（請求項 7）及び支援方法（請求項 6）並びに記録媒体（請求項 1 1）では、土壌特性を求める際に必要な測定地点での

モデルや計測条件を自動的に設定できる。よって、効率よく、しかも高精度に土壌特性の解析ができる。

【0 1 2 1】

さらに、請求項 8, 9, 12 のように構成すると、それぞれ、土壌タイプや水分量に関する情報を自動的に設定できるので、高効率で間違いなく土壌特性を求めることができる。また、請求項 10 のように構成すると、過去の土壌タイプのデータを用いることにより、測定時における土壌タイプの検出処理が不要となり、処理時間の短縮が図れる。

【0 1 2 2】

さらにまた、請求項 14 ~ 17 のように構成すると、その請求項に記載の記録媒体を用い、コンピュータに読取らせることにより、土壌を測定する地点の状態にあった計測条件や、モデルを簡単に読み出し、土壌測定に利用することができ、高精度な土壌の解析が行える。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

従来例を示す図である。

【図 2】

本発明が適用される土壌測定装置の動作状態の一例を示す図である。

【図 3】

本発明に係る土壌測定装置の実装状態を示す図である。

【図 4】

図 3 に示した装置の下部に形成された土壌掘削部及びセンシング部を示す拡大図である。

【図 5】

図 4 の I - I 線矢視断面図である。

【図 6】

本発明に係る土壌測定装置並びに土壌測定支援装置の第 1 の実施の形態を示すブロック図である。

【図 7】

含水比決定部の効果を説明する図である。

【図 8】

土壌の色と原因物質の関係を示す図である。

【図 9】

土壌計測用データ記憶部に格納されたデータ構造図（その 1）である。

【図 10】

土壌計測用データ記憶部に格納されたデータ構造図（その 2）である。

【図 11】

NO_3-N のモデルの精度を立証するグラフである。

【図 12】

精密な含水比のモデルの精度を立証するグラフである。

【図 13】

有機物のモデルの精度を立証するグラフである。

【図 14】

本発明に係る土壌測定方法並びに土壌測定支援方法の第 1 の実施の形態を示すフローチャートの一部である。

【図 15】

本発明に係る土壌測定方法並びに土壌測定支援方法の第 1 の実施の形態を示すフローチャートの一部である。

【図 16】

本発明に係る土壌測定装置並びに土壌測定支援装置の第 1 の実施の形態を示すブロック図である。

【図 17】

本発明に係る土壌測定方法の第 2 の実施の形態を示すフローチャートの一部である。

【図 18】

本発明に係る土壌測定方法の第 2 の実施の形態を示すフローチャートの一部である。

【図 19】

本発明に係る記録媒体を実施するシステム構成を示す図である。

【図 2 0】

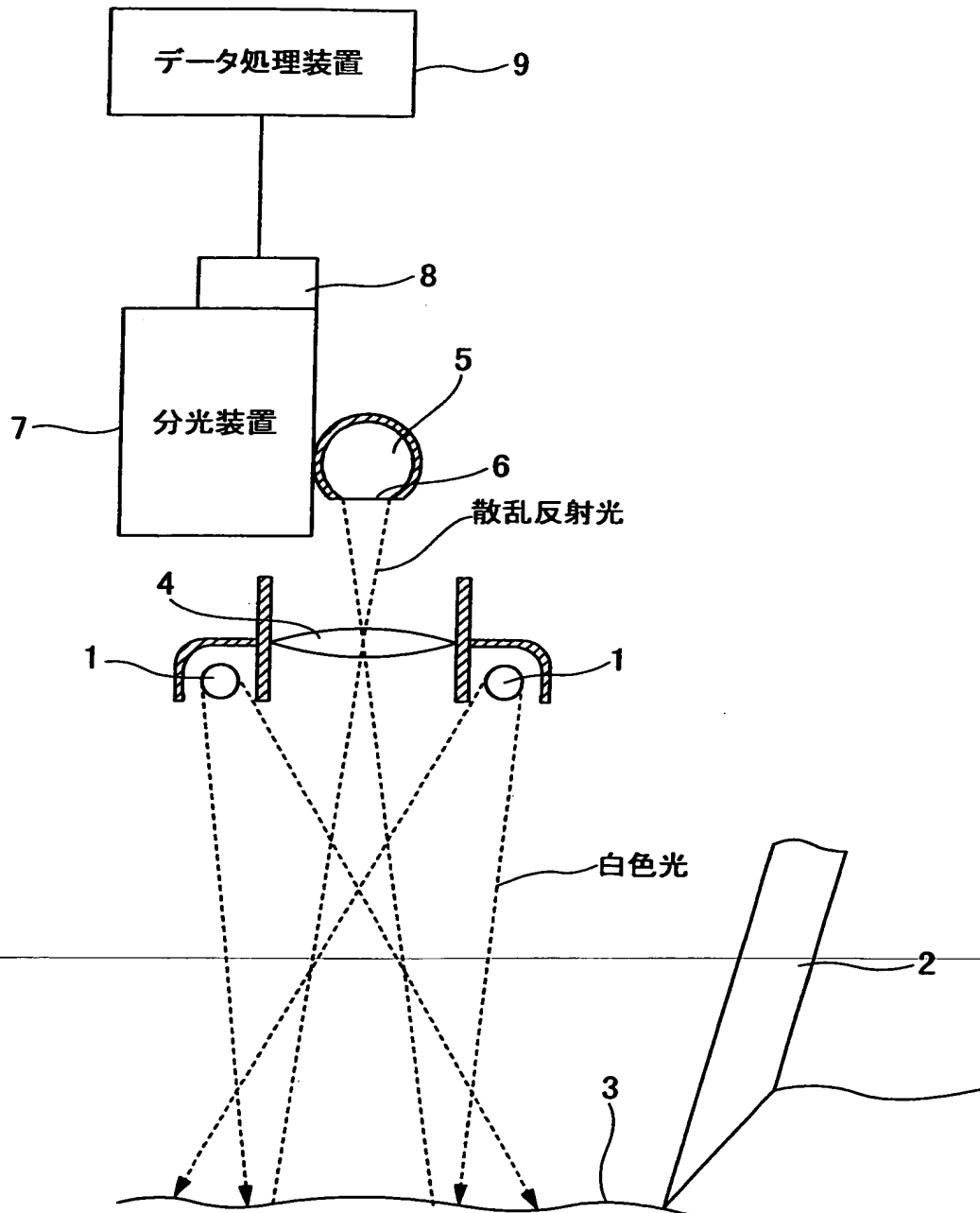
本発明に係る記録媒体を実施するシステム構成を示す図である。

【符号の説明】

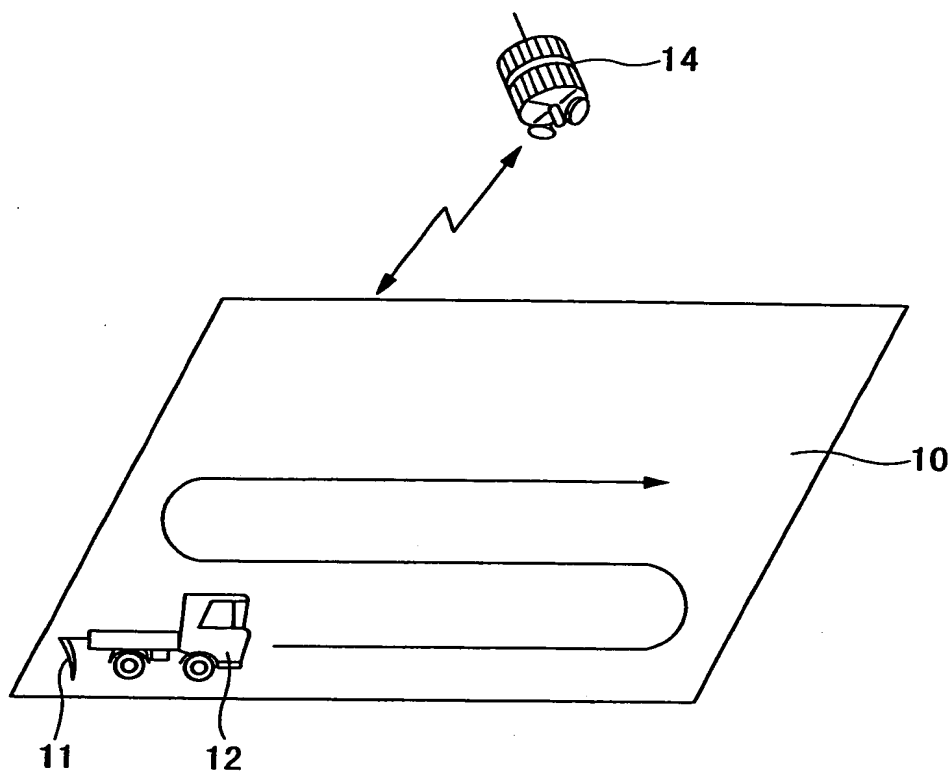
- 1 0 圃場
 - 1 1 土壌測定装置
 - 1 2 トラクタ
 - 2 2 分光装置（検出手段）
 - 2 6, 2 6' 土壌測定支援装置
 - 5 0 土壌マップ作成部
 - 5 1 G P S 装置
 - 5 2 土壌マップ記憶部
 - 5 5 計測情報処理部
 - 5 6 特徴抽出部（土壌タイプ検出手段）
 - 5 7 含水比検出部（水分量情報検出手段）
 - 5 8 土壌タイプ識別部（土壌タイプ検出手段）
 - 5 9 決定部
 - 6 0 土壌計測用データ記憶部
 - 6 1 計測条件設定部
 - 6 2 マニュアル入力部
 - 6 3 G I S データ記憶部
-
- 7 1 センサ側の通信インタフェース部
 - 7 2 支援装置側の通信インタフェース部

【書類名】 図面

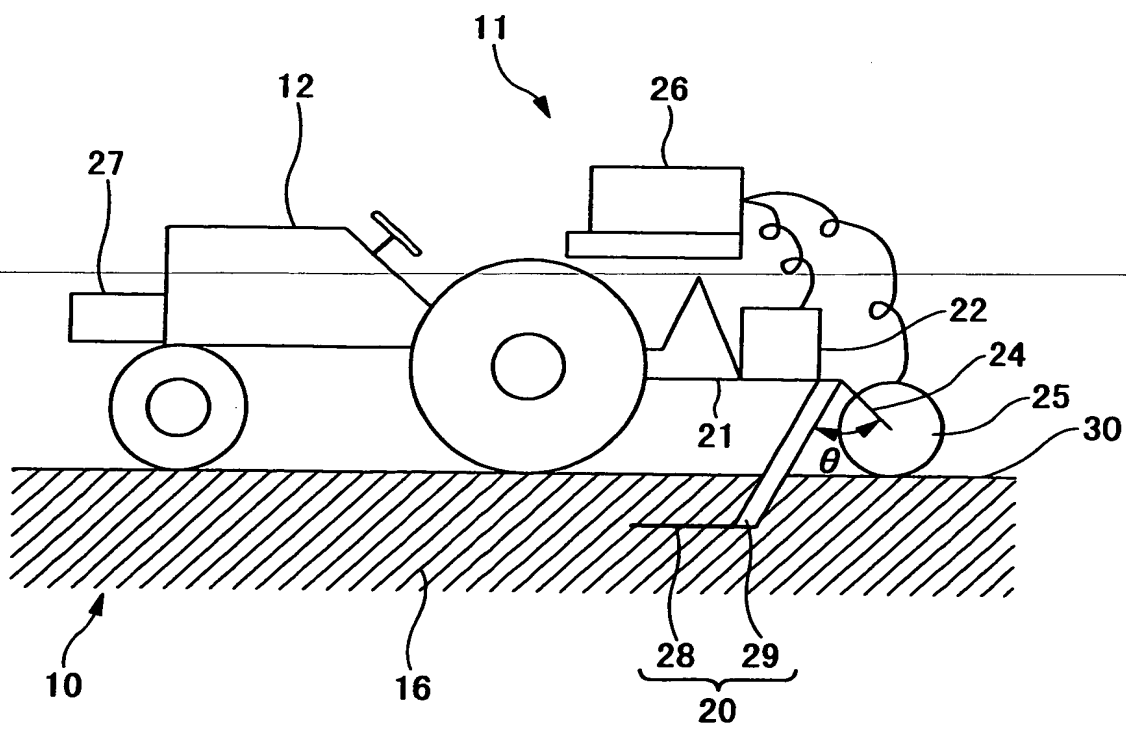
【図 1】



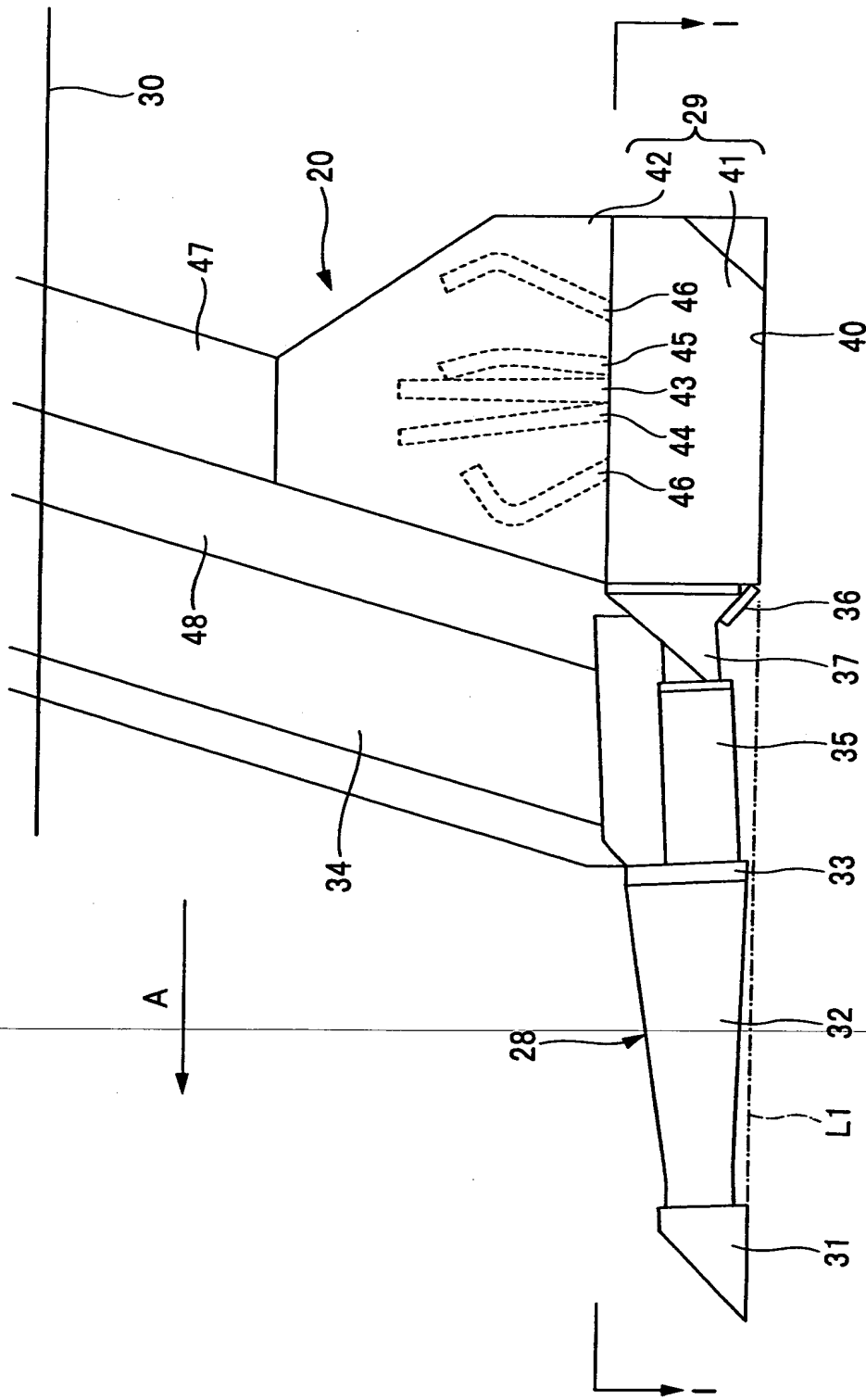
【図 2】



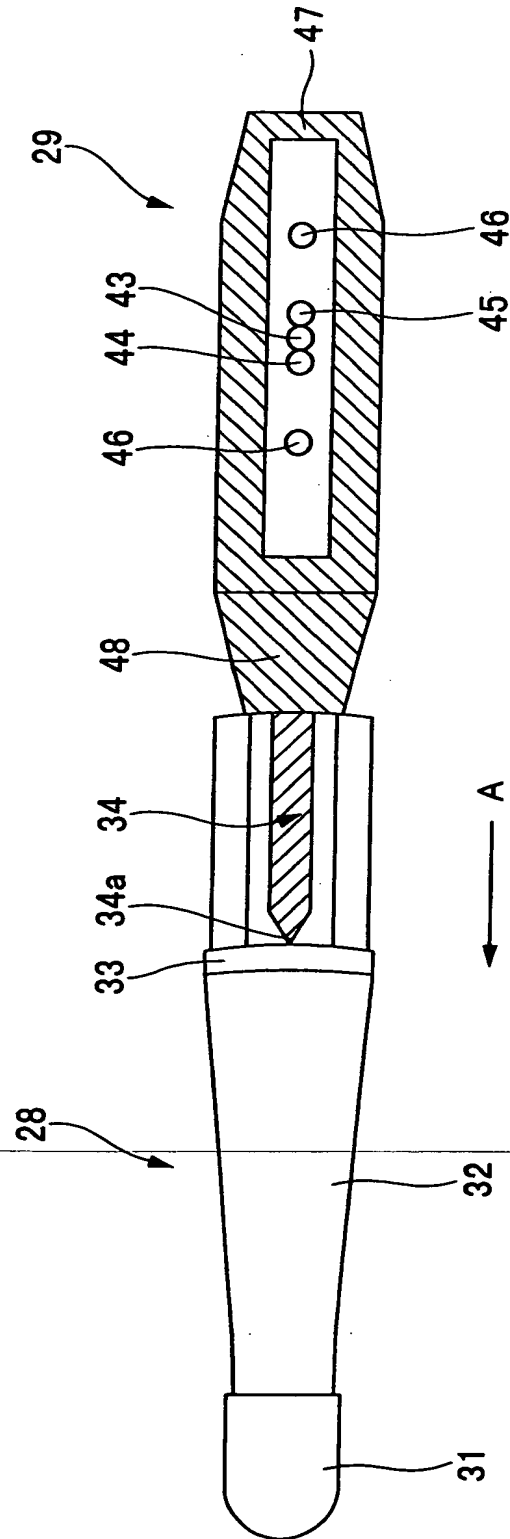
【図 3】



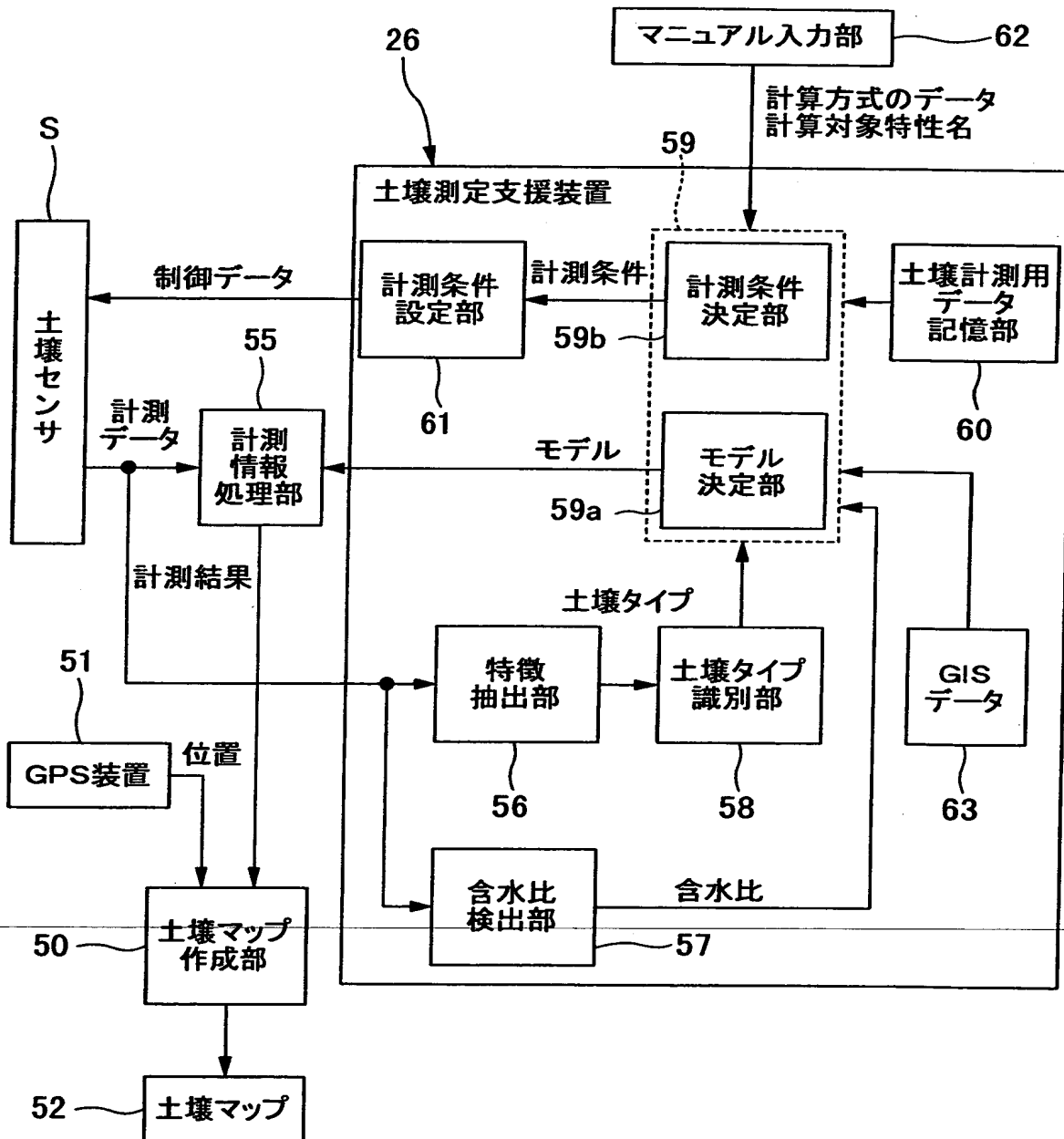
【図4】



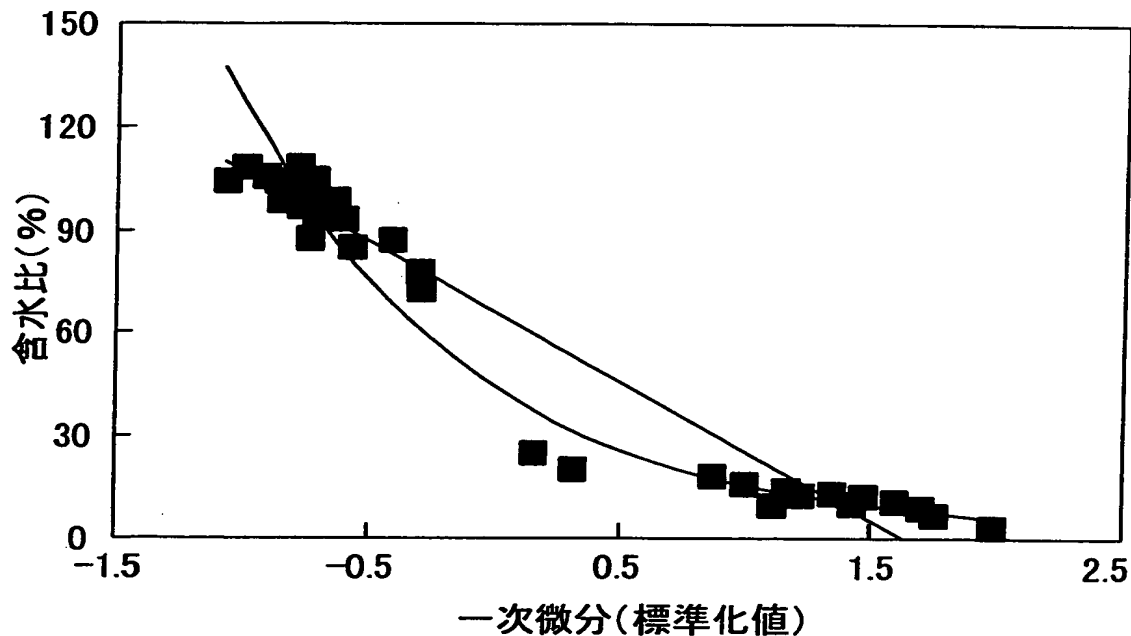
【図 5】



【図6】



【図 7】



【図 8】

土壌の色と原因物質

土色	おもな着色物質	土壌
黒	* 有機物・腐植 砂鉄 黒色スコリヤ [マンガン斑, 硫化物]	黒泥・泥炭土, 黒ボクグライ土 黒ノツボ(腐植質火山灰土、黒ボク土) 黒い砂鉄を多く含む砂質土(未熟土) 玄武岩質火山放出物(未熟土)
赤～ 褐～ 黄	* 酸化第三鉄鉱物 (酸化鉄) マンガン [斑鉄]	赤色土 赤ノツボ(火山灰土、淡色黒ボク土) 褐色森林土、黄色土 暗赤色土
青～ 緑	* 第一鉄化合物 (還元鉄) [硫化鉄, パイライトなど]	グライ土(排水不良の青色の土) 強グライ土(湿田)、グライ土(半湿田)
灰～ 白	* 酸化鉄含有量極少 * 青色泥層の酸化過程 * 塩類の集積	ポドゾル性土壌(灰色土)、秋落水田作土 マサ土, シラス, 砂質土(白砂), 灰色低地土(乾田) 塩類土壌

(出典: 農業技術体系 土壌肥料編第1巻 農山漁村分化振興協会)

【図 9】

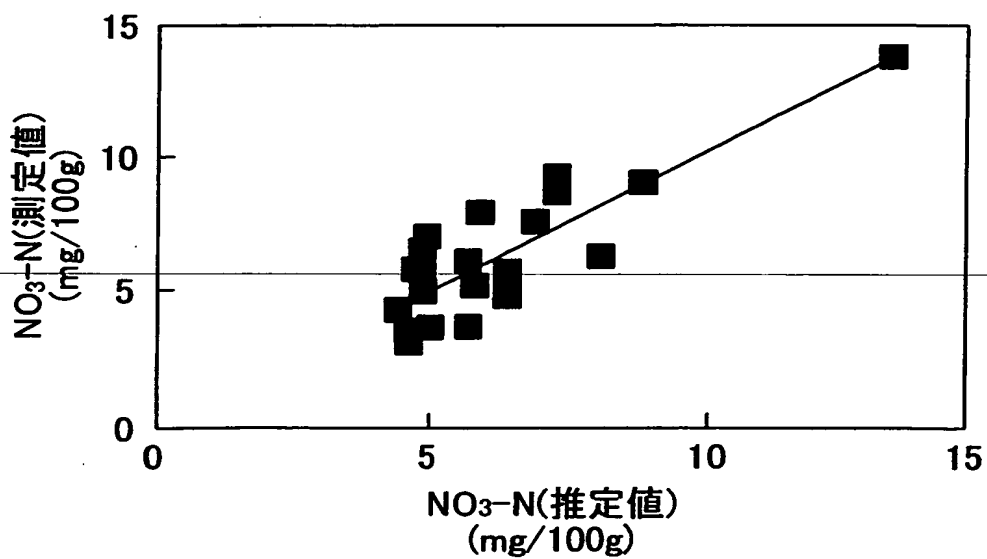
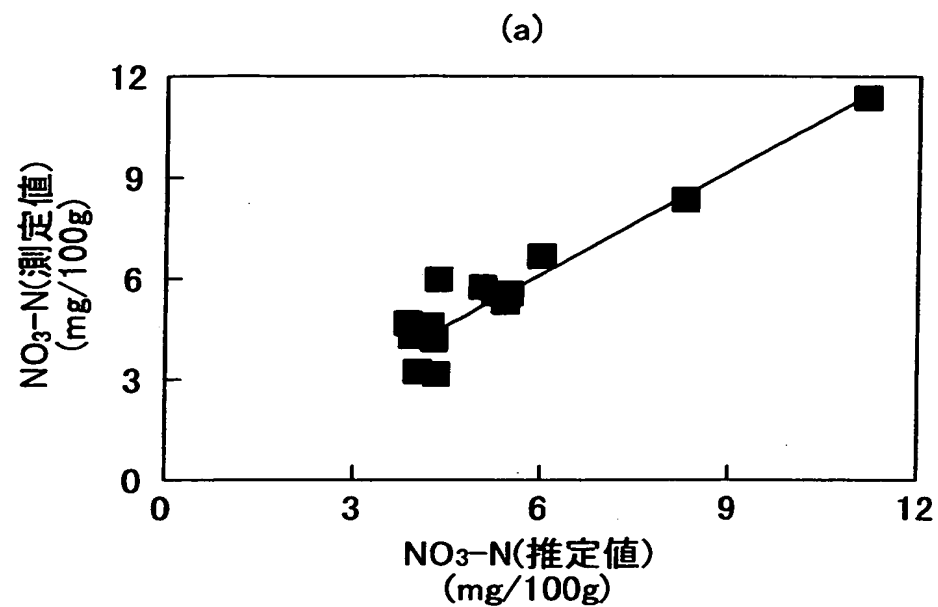
入力				出力	
計測対象 特性名	含水比	土壌タイプ	計測方式	モデル	計測条件
NO ₃ -N濃度	低い (3~26%db) 注1)	関東ローム (SILT28%, CLAY20%, SAND52%)	均平板でな らした土壌 表面に、白 色光を土壌 に照射した 時の反射ス ペクトラム を計測する 方式1	NO ₃ -Nの濃度= $A + \sum B_i \cdot \exp(C_i \cdot Y_i)$ ただし、A、B _i 、C _i は係 数である。 各係数の値は、次のと おりである。 $Y_i = dX_i / d\lambda$ A=3.96 B ₁ =6.16 E-3 B ₂ =0.241 B ₃ =4.67 E-4 C ₁ =6.27 C ₂ =1.56 C ₃ =6.48	次の各波長 の反射光量 X _i を計測す る。 ①824nm ②1280nm ③1768nm
NO ₃ -N濃度	高い (72~ 120% db)	関東ローム (SILT28%, CLAY20%, SAND52%)	同上	NO ₃ -Nの濃度= $A + \sum B_i \cdot \exp(C_i \cdot X_i)$ $Y_i = dX_i / d\lambda$ ただし、A、B _i 、C _i は係 数である。 A=0.31 B ₁ =0.243 B ₂ =3.31 E-5 B ₃ =4.64 C ₁ =1.75 C ₂ =7.59 C ₃ =0.127	次の各波長 の反射光量 X _i を計測す る。 ①1286nm ②2014nm ③2290nm

注1) dbとはdry basisの略であり、対象中の固体分の重量に対する水分の重量の割合である。

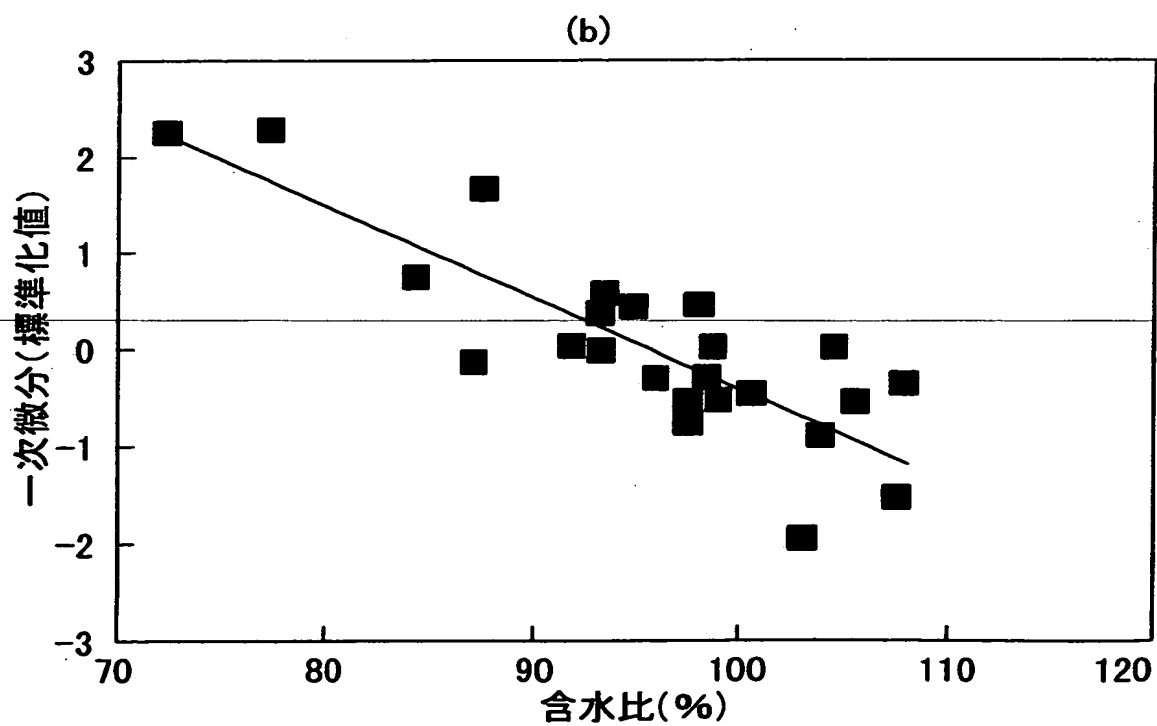
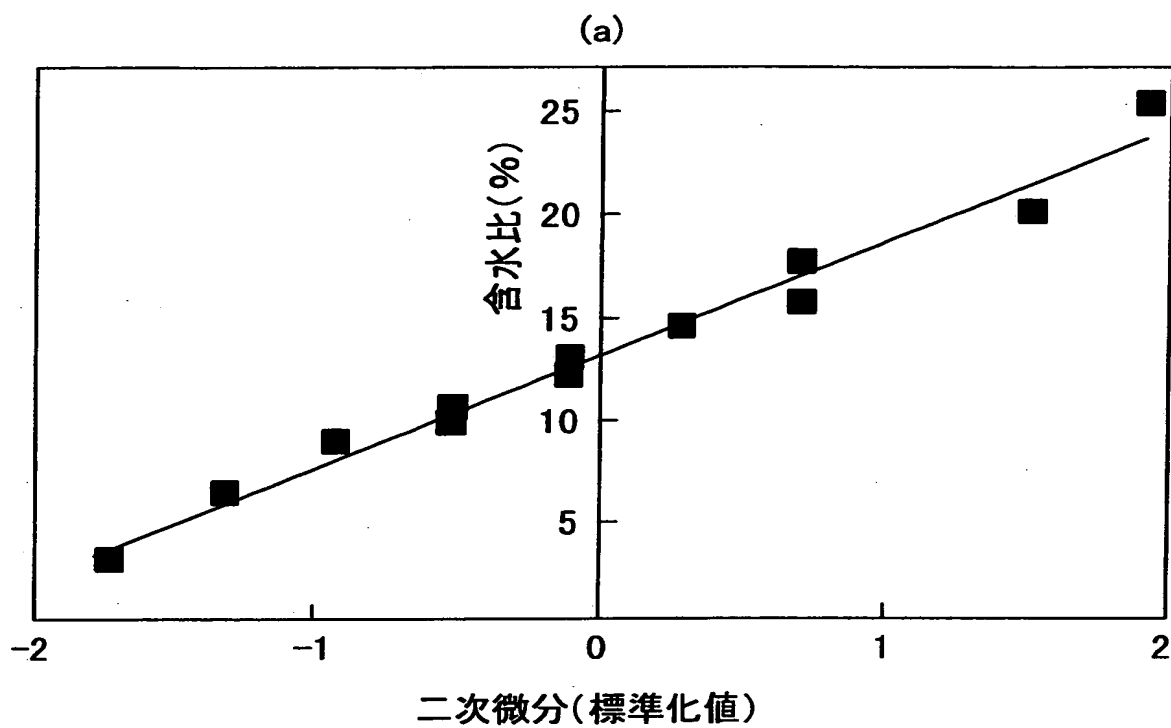
【図 10】

入力				出力	
計測対象 特性名	含水比	土壌タイプ	計測方式	モデル	計測条件
電気伝導度	低い (2~26 %db)	畑地	方式1	電気伝導度 = $A + \sum (B_i \cdot X_i)$ $Y_i = dX_i / d\lambda$ ただし、A、B _i は係数 である。 A = 128.07 B1 = -7.15 B2 = -16.29 B3 = -7.40	次の各波長の 反射光量 X _i を計測する。 ①2074nm ②1948nm ③1776nm
精密な 含水比	低い (0~26 %db)	畑地	方式1	Yはλに関するXの 2次微分とする。 Yから平均値を差し引 いた値を標準偏差で 割った値を標準化値 Wとする。 精密な含水比 = $5.55 \cdot W + 13.2$	次の各波長の 反射光量X を計測する。 ①1450nm
精密な 含水比	高い (72~ 120% db)	畑地	方式1	$Y = dX / d\lambda$ Yから平均値を差し引 いた値を標準偏差で 割った値を標準化値 Wとする。 精密な含水比 = $-0.096 \cdot W + 9.16$	次の各波長の 反射光量X を計測する。 ①1850nm

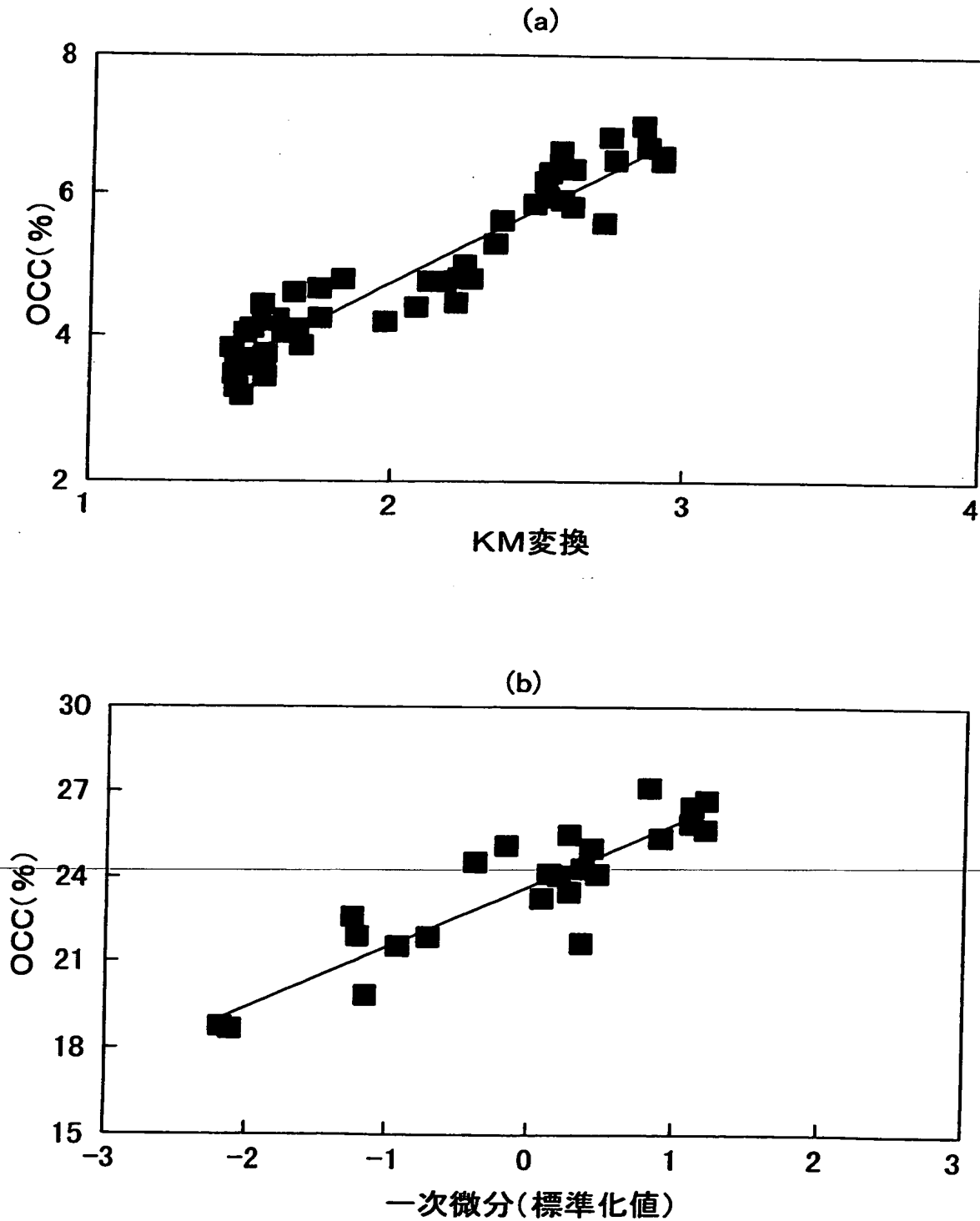
【図 11】



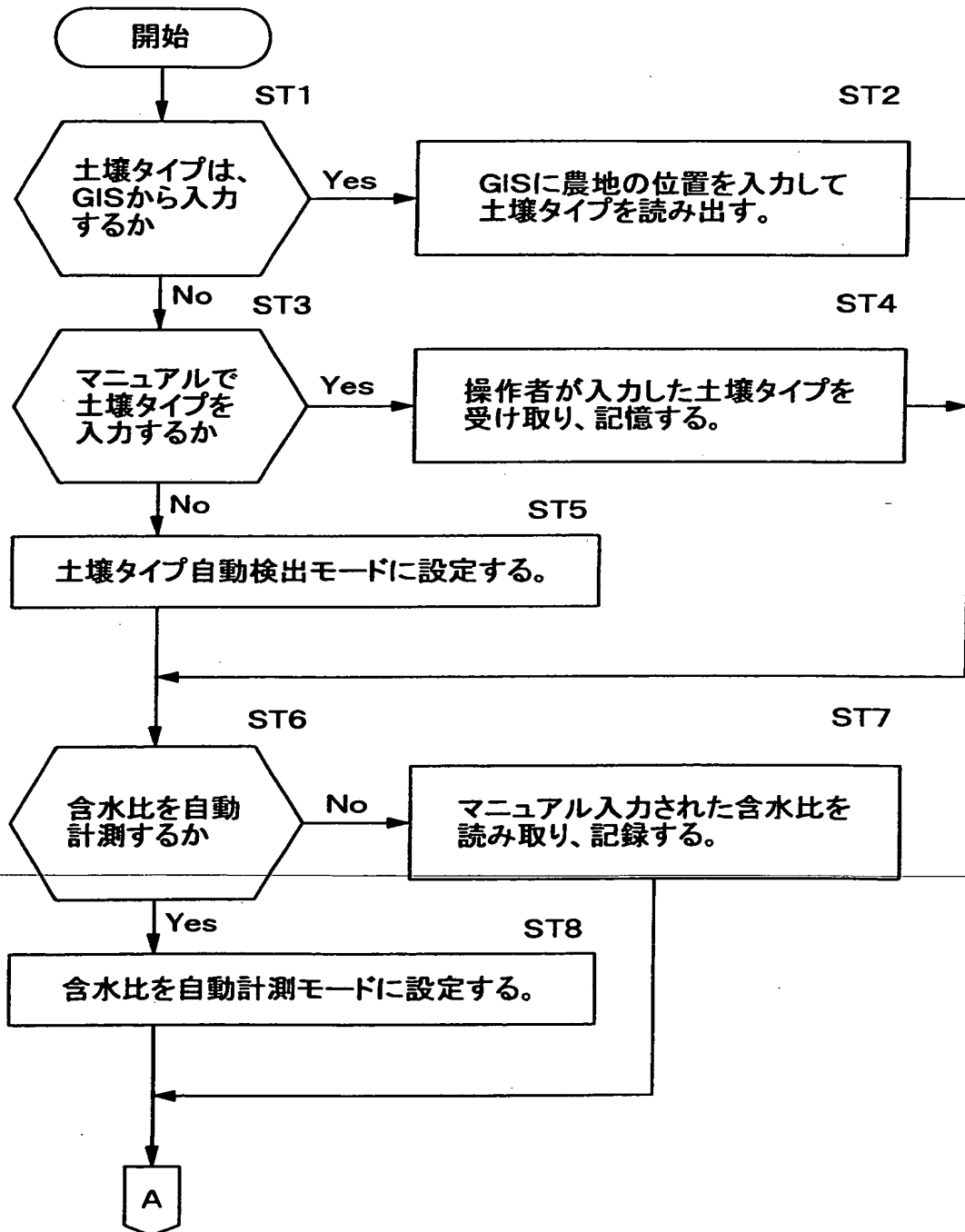
【図 12】



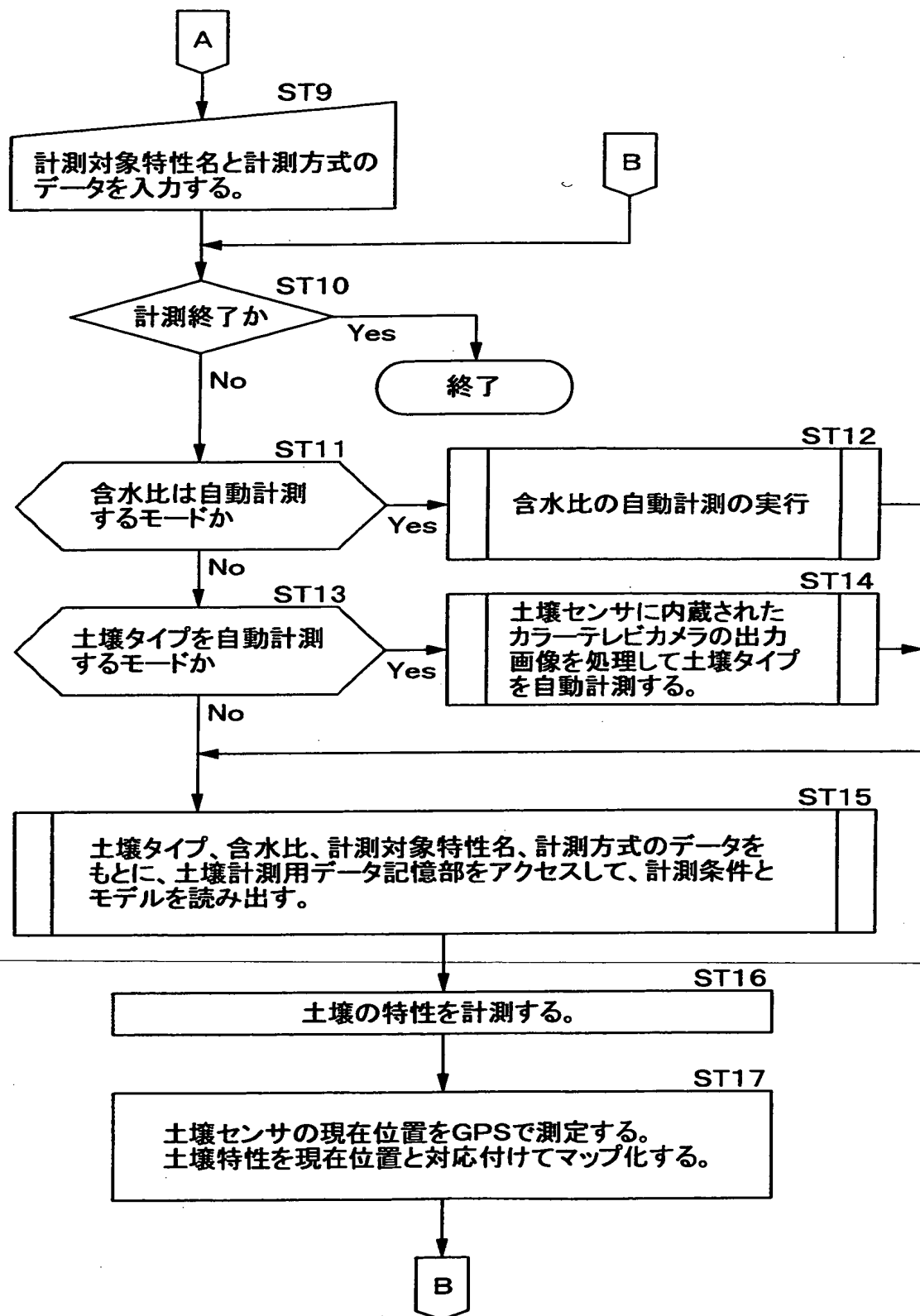
【図 13】



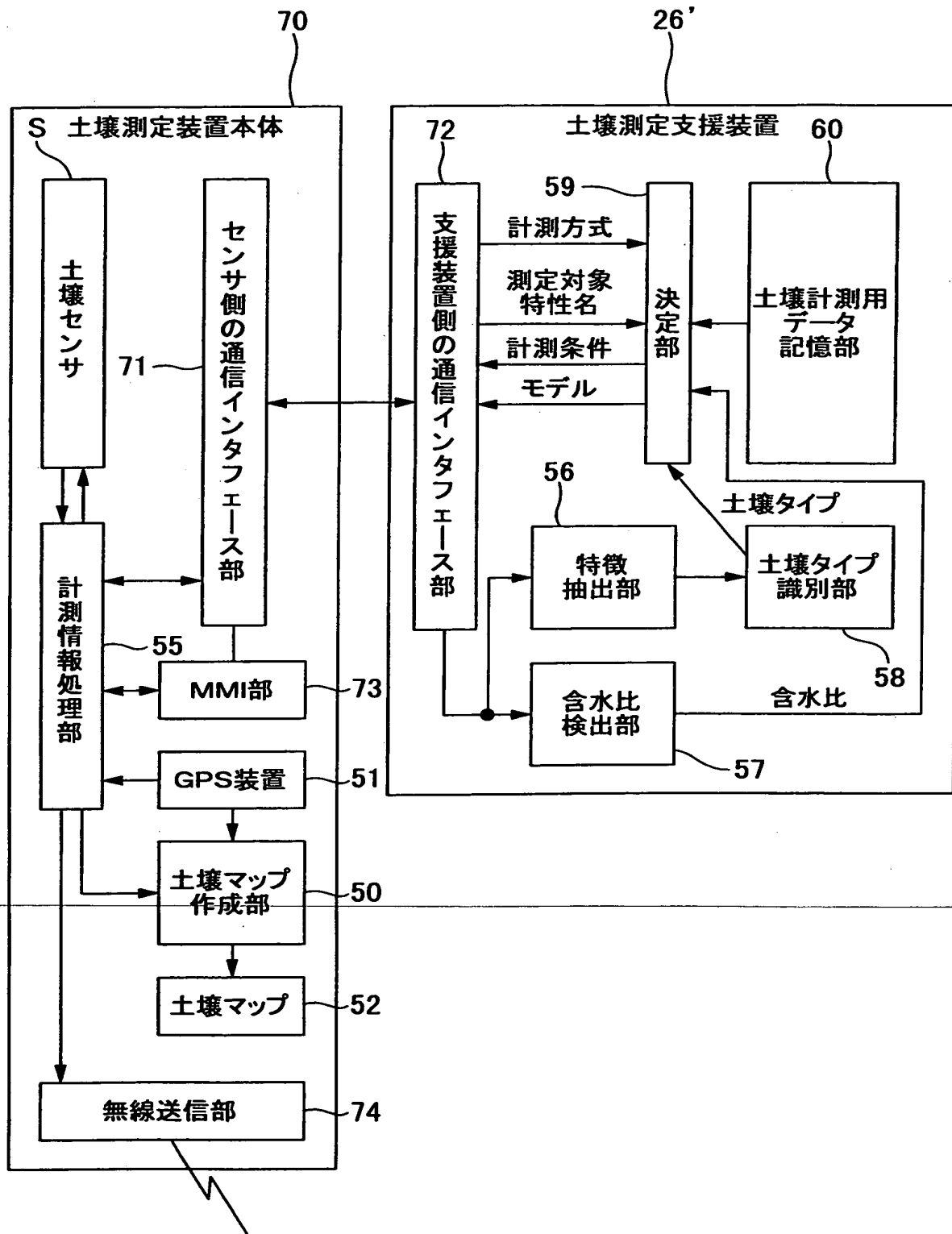
【図 14】



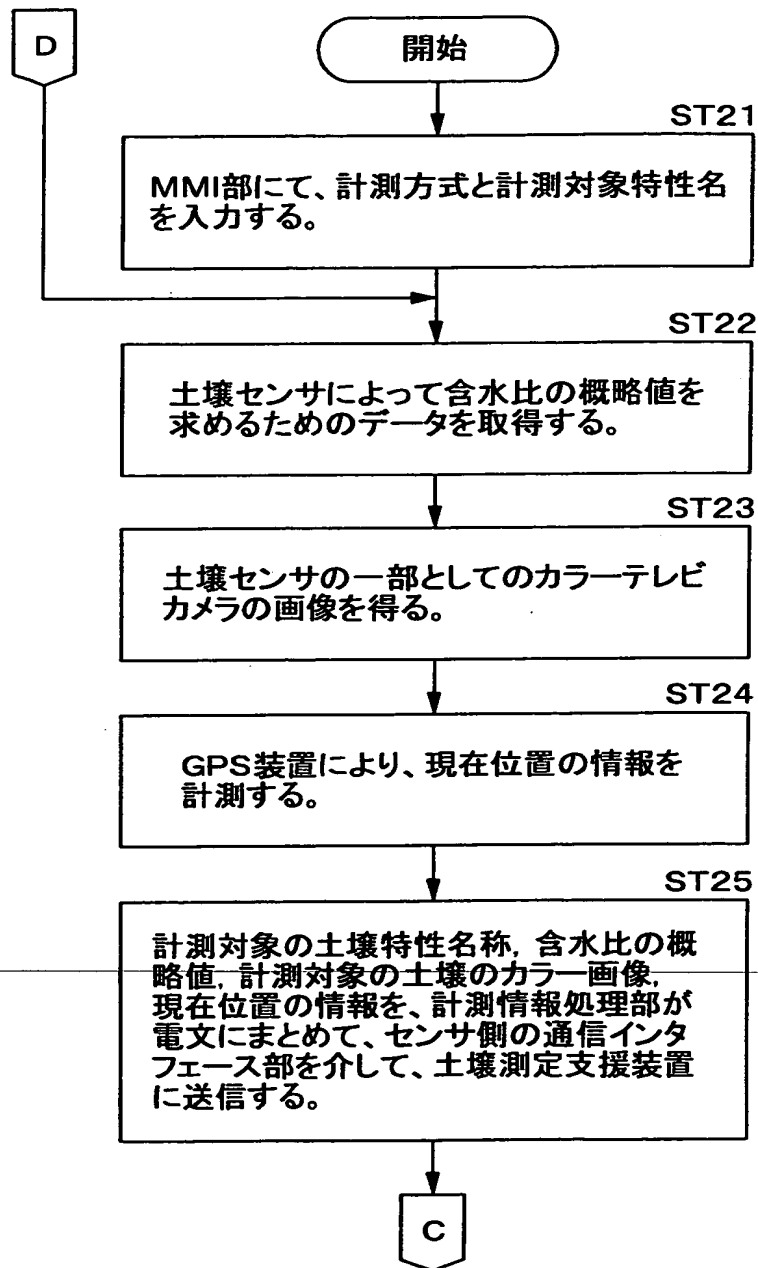
【図 15】



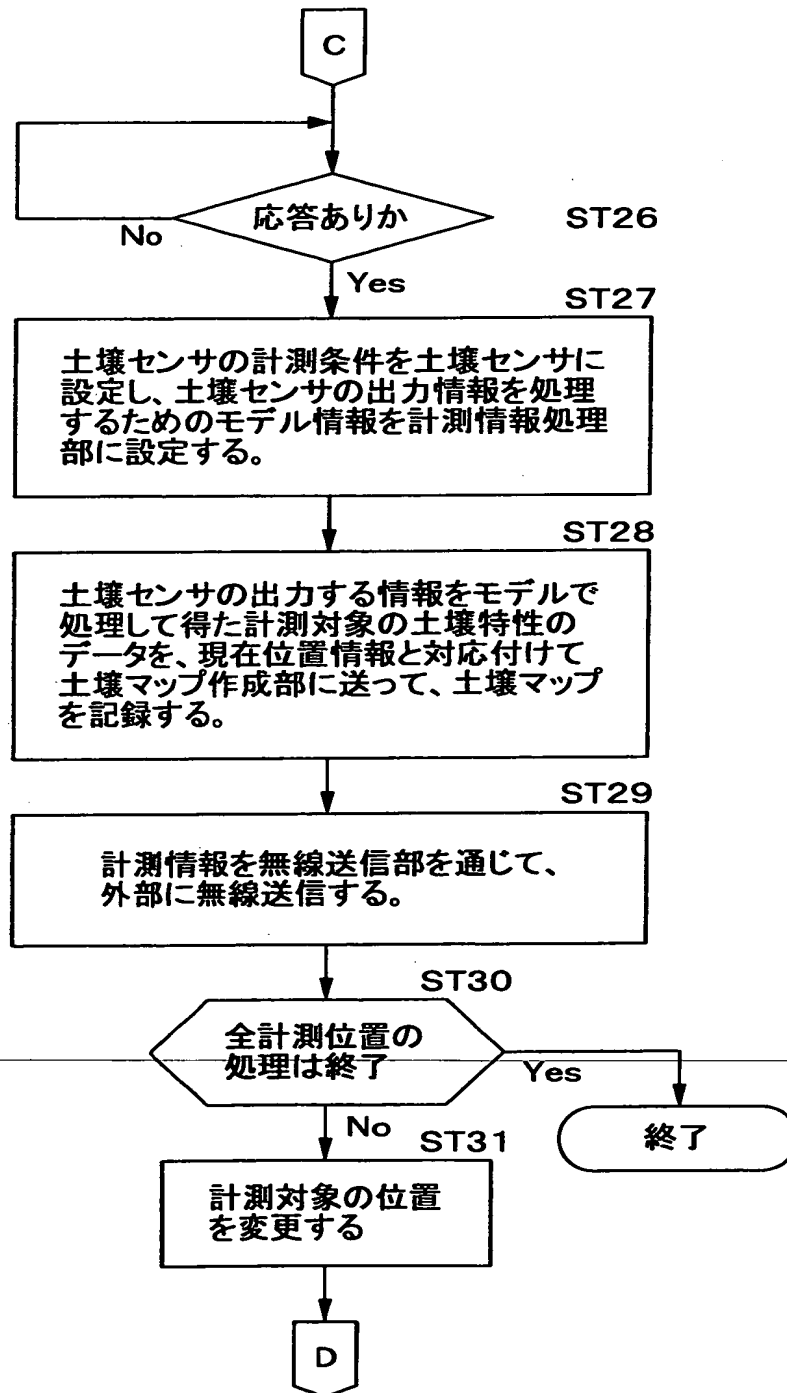
【図 16】



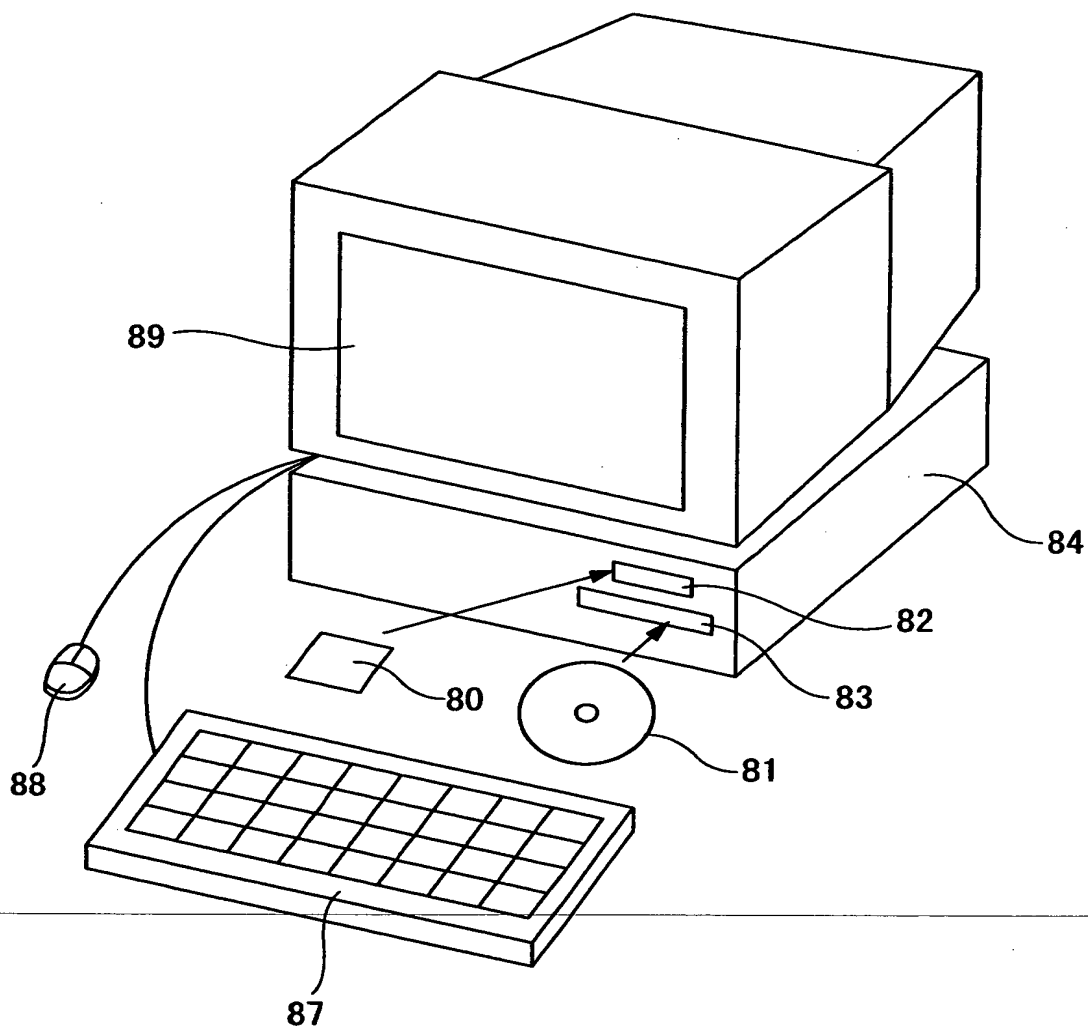
【図 1 7】



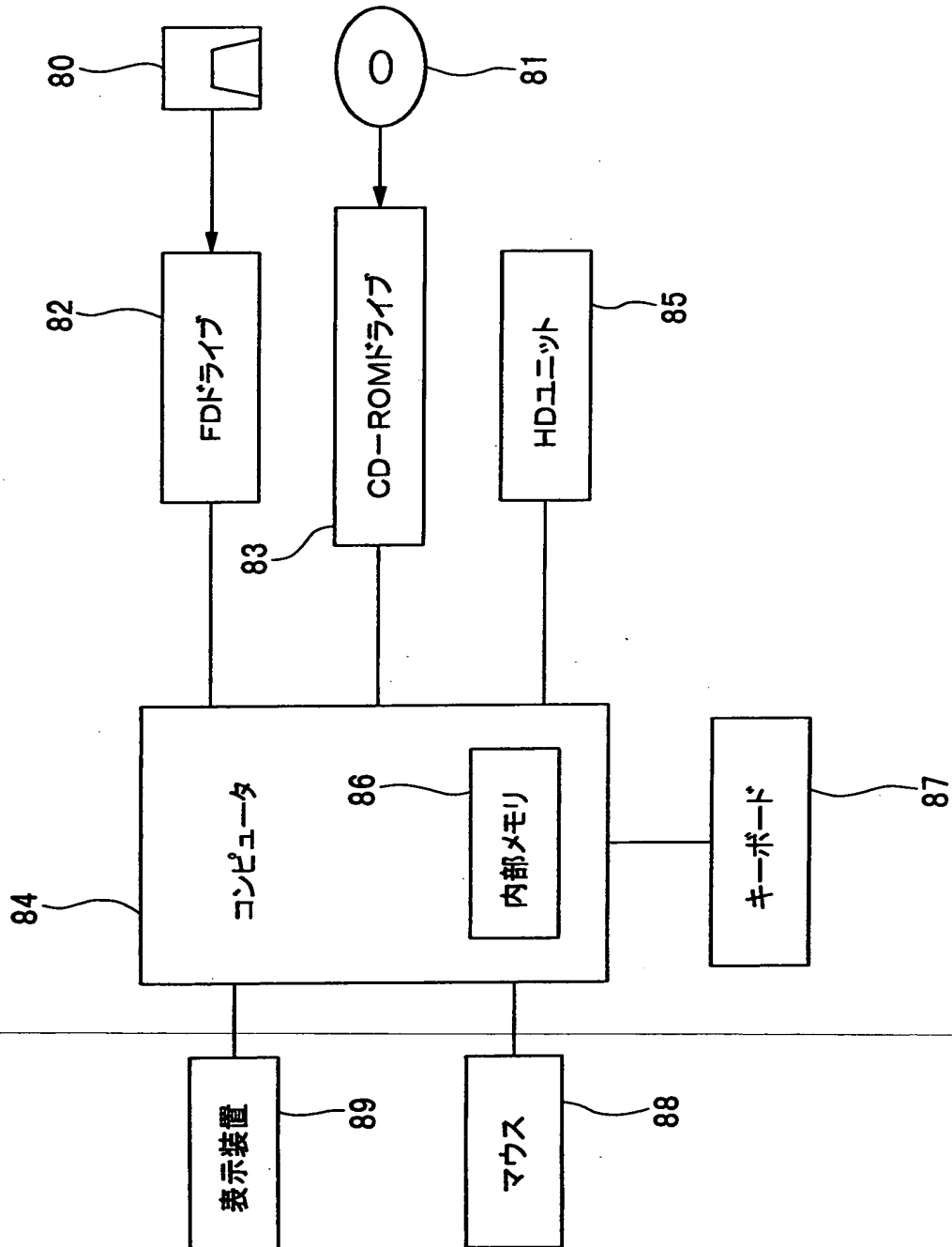
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 土壌のタイプや土壌の水分量の変化があっても、土壌特性を高精度・効率的に測定できる土壌測定装置を提供すること

【解決手段】 土壌タイプと、土壌に含まれる含水比と、土壌特性を求めるためのモデルと、そのモデルを実行するのに必要な計測データを特定する計測条件を関連付けて記憶させた土壌計測用データ記憶部 6 0 を設け、土壌センサ S から与えられる計測データに基づいて、含水比検出部 5 7 にて含水比を検出し、特徴抽出部 5 6、土壌タイプ識別部 5 8 で土壌タイプを検出し、決定部 5 9 に与える。決定部は、受け取った測定地点の土壌タイプ、含水比等に基づいて対応する計測条件とモデルを決定するとともに、所定の処理部にセットする。土壌センサから計測条件に合致する計測データが計測情報処理部 5 5 に与えられ、その処理部 5 5 ではセットされたモデルにしたがって土壌特性を求める。

【選択図】 図 6

特平 11-195139

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002945]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府京都市右京区花園土堂町10番地

氏 名 オムロン株式会社